

LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA COMO PROYECTO EDUCATIVO

APORTES TEÓRICOS Y LÍNEAS DE ACCIÓN

Miriam E. Gobbi y Alfonso Aguilar (Editores)

educoco
Editorial Universitaria
Universidad Nacional del Comahue



La UNIVERSIDAD y la
ESCUELA SECUNDARIA
Mejora de la formación en Ciencias Exactas y Naturales



**LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA
COMO PROYECTO EDUCATIVO**

LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA
COMO PROYECTO EDUCATIVO.
APORTES TEÓRICOS Y LÍNEAS DE ACCIÓN



LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA
COMO PROYECTO EDUCATIVO.
APORTES TEÓRICOS Y LÍNEAS DE ACCIÓN

Miriam E. Gobbi y Alfonso Aguilar
(Editores)

EDUCO

Editorial de la Universidad Nacional del Comahue
Neuquén – 2018

La restauración ecológica como proyecto educativo : aportes teóricos y líneas de acción / Miriam Gobbi ; Alfonso Aguilar ; editado por Miriam Gobbi ; Alfonso Aguilar. - 1a ed. - Neuquén : EDUCO - Universidad Nacional del Comahue, 2018.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-604-518-6

1. Ecología. 2. Restauración. I. Aguilar, Alfonso II. Gobbi, Miriam, ed. III. Aguilar, Alfonso, ed. IV. Título.
CDD 577

Diseño de tapa: CLUB DISEÑO

Universidad Nacional del Comahue

Secretario de Extensión: Gustavo Ferreyra

Editorial EDUCO

Director: Enzo Dante Canale

Impreso en Argentina.

© 2018 – **EDUCO** – Editorial de la Universidad Nacional del Comahue
Buenos Aires 1400 – (8300) Neuquén - Argentina Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio, sin el permiso de EDUCO.

INDICE

LOS AUTORES	07
Prólogo ¿POR QUÉ UN LIBRO SOBRE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA PARA EDUCADORES?	
<i>Miriam E. Gobbi y Alfonso Aguilar</i>	13
Capítulo 1: ¿QUÉ ES LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA? SU RELACIÓN CON LA EDUCACIÓN	
<i>Miriam E. Gobbi</i>	17
Capítulo 2: EL ROL DE LOS SUELOS EN LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA	
<i>Andrea Soledad Enriquez y María Victoria Cremona</i>	37
Capítulo 3: RIZÓSFERA Y RESTAURACIÓN, EL PAPEL DEL MUNDO SUBTERRÁNEO	
<i>Laura C. Santoni y Eugenia E. Chaia</i>	59
Capítulo 4: RESTAURAR SEGÚN CÓMO FUNCIONAN LAS PLANTAS	
<i>Cecilia I. Nuñez</i>	69
Capítulo 5: ¿QUIÉN CUIDA A LOS PEQUEÑOS? EL EFECTO NODRIZA EN LOS AMBIENTES DEGRADADOS	
<i>Manuel de Paz</i>	85
Capítulo 6: COMPOSTAJE Y RESTAURACIÓN	
<i>Celia Tognetti</i>	95
Capítulo 7: PRODUCCIÓN Y PLANTACIÓN DE PLANTAS NATIVAS PARA RESTAURAR ÁREAS DEGRADADAS	
<i>Silvana Alzogaray</i>	105

**Capítulo 8: NENDO DANGO: UNA HERRAMIENTA
PARA TRABAJAR LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA
EN LA ESCUELA**

*Nelda Pirén López Alaniz, Gabriela Calzolari,
Andrea E. Fassi, María Alejandra Lounstauman
y María Betina Cardoso*

133

**Capítulo 9: EDUCACIÓN AMBIENTAL. ASPECTOS
GENERALES Y RELACIONES CON LA ENSEÑANZA
DE LAS CIENCIAS NATURALES. DOS CASOS DE
FORMACIÓN DOCENTE**

Eduardo Andrés López

149

GLOSARIO

179

BIBLIOGRAFÍA

189

**SITIOS DE INTERÉS Y BIBLIOGRAFÍA PARA
CONSULTAR**

201

AGRADECIMIENTOS

203

LOS AUTORES



Alfonso Aguilar es Profesor en Cs. Biológicas y Magíster en Educación en Ciencias (UNCo). Docente del Profesorado en Cs. Biológicas (CRUB, UNCo) y del Profesorado en Educación Primaria (IFDC Bariloche). Desarrolla actividades de docencia y divulgación en temas relacionados con la enseñanza de las Ciencias Naturales. E-mail: alfonso.a@live.com

Andrea E. Fassi es Profesora en Ciencias Biológicas (UNCo). Es docente titular en ESRN 33. Ha participado en proyectos de voluntariado vinculados a las problemáticas ambientales y la restauración ecológica.

E-mail: andufassi@gmail.com



Andrea Soledad Enriquez es Licenciada en Cs. Biológicas y Doctora en Biología (UNCo), con líneas de investigación que abordan la Ecología General y las Ciencias del Suelo. Es investigadora del CONICET (CCT Patagonia Norte) y trabaja en INTA EEA Bariloche.

E-Mail: enriquez.andrea@inta.gob.ar



Cecilia I. Nuñez es Profesora y Licenciada en Cs. Biológicas y Doctora en Biología. Docente de Fisiología Animal y Vegetal (CRUB, UNCo). Bióloga en la Administración de Parques Nacionales, en temas de gestión, ecología vegetal, invasiones de plantas exóticas y restauración. E-Mail: cecinu@gmail.com



Celia Tognetti es Profesora y Licenciada en Cs. Biológicas y Doctora en Biología (UNCo). Trabajó en investigación y docencia de nivel medio y nivel universitario. Actualmente se desempeña como Directora de una escuela de nivel medio. E-Mail: celia.tognetti@gmail.com



Eduardo Andrés López es profesor de Cs. Biológicas (UNCo). Se desempeña como Profesor en las cátedras Didáctica de La Biología I y II y es Asistente de Docencia de Prácticas Docentes del Profesorado en Ciencias Biológicas (CRUB, UNCo). También es docente del Área de Ciencias Naturales (Educación Inicial) del IFDC Bariloche. E-Mail: andreslopezbariloche@gmail.com

Eugenia Esther Chaia es Dra. en Ciencias Naturales (UNLP) y docente de Biología del Suelo y de Biología General, en la UNCo. Es investigadora en temas relacionados con interacciones entre plantas y bacterias del suelo fijadoras de nitrógeno.

E-Mail: eugeniachaia@gmail.com



Gabriela Calzolari es Licenciada en Cs. Biológicas (UNCo). Actualmente trabaja como docente en la ESRN 20. Le interesa la participación en proyectos socio científicos escolares. Trabaja en una Asociación Civil sin fines de lucro de plantas terapéuticas con el fin de educar, informar y asesorar en terapias alternativas.

E-mail: gabycalzolari@gmail.com



Laura Cristina Santoni es Técnica agropecuaria y Licenciada en Cs. Biológicas (UNCo), actualmente estudia la Mg. en Gestión Ambiental (UNL) y asesora proyectos en el Parque Nacional El Palmar. E-Mail: lauracsantoni@gmail.com

Manuel de Paz es Dr. en Cs. Biológicas (UNCo). Se especializó en regeneración post fuego, facilitación planta-planta, dinámica de nutrientes y restauración de bosques degradados. Actualmente trabaja en la relación entre caracteres funcionales, adaptativos y tecnológicos de la madera en especies forestales de interés comercial (INTA EEA Bariloche). E-Mail: manolodpz@gmail.com



M. Alejandra Loustaunau es Educadora Ambiental. Le interesa la problemática socio-ambiental y el desarrollo de proyectos de participación comunitaria. Es docente en talleres de Nivel Primario y secundario de Ciencias. E-Mail: loustaunau.alejandra@gmail.com

M. Betina Cardoso. Es Doctora en Biología (UNCo). Actualmente realiza una investigación sobre el uso y consumo de leña en comunidades rurales michoacanas (México) y su evolución en el tiempo, a partir de la adopción de la estufa mejorada Patsari. Profesora titular de la materia Bioenergía, en la Licenciatura en Cs. Ambientales de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (UNAM). UNCo-IPATEC-CONICET. E-Mail: betinacardoso@comahue-conicet.gob.ar





M. Victoria Cremona es Ingeniera Agrónoma (MSc.) y desarrolla trabajos de investigación, docencia y divulgación en el área de Recursos Naturales en temas relacionados con el manejo del agua y los suelos. Sus principales líneas de investigación se centran en el impacto de las actividades antrópicas en la dinámica y calidad de agua y el suelo a nivel de sitio y paisaje, y en el diseño y ensayo de estrategias de mitigación o recuperación de los ambientes afectados. INTA EEA Bariloche.

E-Mail: cremona.mv@inta.gob.ar

Miriam E. Gobbi es Profesora y Licenciada en Cs. Biológicas y Doctora en Biología (UNCo). Docente de Biología General y Restauración en Ecosistemas Terrestres (CRUB, UNCo). Desarrolla actividades de docencia, investigación, extensión y divulgación en temas relacionados con la enseñanza de las ciencias naturales y la ecología y restauración de ambientes disturbados de bosques y matorrales del NO de Patagonia.



E-Mail: miriam.gobbi@crub.uncoma.edu.ar



N. Pirén López Alaniz es Licenciada en Cs. Biológicas (UNCo). Trabaja en el Instituto INIBIOMA (CONICET- UNCo). Actualmente trabaja en temáticas de restauración ecológica con herbáceas nativas del bosque andino-patagónico, en ambientes post-fuego y taludes de rutas. Le interesa articular actividades de investigación y educación ambiental, y promover proyectos interdisciplinarios de restauración, tanto en escuelas como en el entorno rural y barrial.

E-mail: piren_lopezalaniz@comahue-conicet.gob.ar



Silvana Alzogaray es Ingeniera Agrónoma. Trabajó como Educadora Ambiental capacitando a docentes y niños en el conocimiento y concientización de los ambientes naturales de la región del Nahuel Huapi, con los que participó activamente en campañas de reforestación de áreas incendiadas. Fue docente de Viveros I, de la Tecnicatura en Viveros y directora del proyecto de extensión “Más árboles para

los pobladores de la Línea Sur” (Sede Andina - UNRN), promoviendo el cultivo de plantas mediante un enfoque ecológico y bajo prácticas respetuosas con el medio ambiente. Actualmente dicta cursos para el público en general sobre Jardinería y Horticultura Orgánica.

E-Mail: silvanaalzogaray74@gmail.com

¿POR QUÉ UN LIBRO SOBRE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA PARA EDUCADORES?

Una vez más nos encontramos, hojas de por medio, con la intención de generar espacios para reflexionar y compartir ideas y propuestas que ayuden a repensar nuestra actividad en educación.

Los ecólogos que trabajan en restauración y los educadores comparten por lo menos un punto en común, ambos pretenden aportar a un futuro mejor, donde los objetos y los sujetos de sus trabajos, respectivamente, puedan expresar sus potencialidades y desarrollarse sanos y en equilibrio con el entorno. Los puntos de encuentro entre éstos han ido incrementándose en el tiempo y la preocupación por las pérdidas en biodiversidad y en calidad ambiental los han convocado en tareas comunes. Una adecuada intervención para la mejora de un sistema natural degradado requiere la toma de conciencia y la participación de todos los agentes sociales involucrados, y la educación, formal y no formal, juega un papel relevante en estas acciones.

Históricamente, la principal atención y los principales esfuerzos en el ámbito educativo, han estado puestos en la toma de conciencia y en la prevención de los daños ambientales, y esto es sumamente razonable. Ahora bien, la superficie del planeta que presenta serios problemas ambientales va en franco aumento y, en estas zonas, la prevención de la degradación llega tarde. Además, en muchas oportunidades, el foco ha estado puesto en escenarios alejados de nuestros espacios cotidianos. Cuando registramos la situación en nuestro entorno inmediato ¿Podemos hacer algo más que lamentarnos y mirarlos como ejemplo de lo que no debería haber ocurrido? Creemos que sí, y desde esta perspectiva emprendimos la tarea de este libro.

En las actividades de concientización sobre el deterioro ambiental solemos mostrar, en simultáneo, fotos, imágenes de ambientes

naturales degradados y sin degradar, y preguntamos donde preferirían estar. En general los niños contestan que en el ambiente “lindo” y a partir de esto trabajamos sobre causas y consecuencia de la degradación ambiental y sobre el derecho a un ambiente limpio. Pero en una oportunidad, un niño de séptimo grado nos contestó exultante -¡En el que esta horrible!, y cuando le preguntamos el porque nos dijo que porque allí era donde había mucho trabajo para hacer..... Ese niño instaló la idea de que este libro era necesario y nos motivó acerca de que “algo más podemos hacer” para reparar los sistemas naturales deteriorados o perdidos por acciones humanas directas o indirectas y contribuir a la salud de los mismos. Y ese algo pasa por generar percepción del entorno y preguntarse acerca de cómo llegamos a este estado y qué herramientas existen para revertirlo, pero también por integrar conocimientos, saberes y experiencias para lograr una participación activa sobre la mejora de nuestro entorno. Estamos convencidos del valor que representa instalar la idea de que podemos y debemos intervenir para que la historia de esos sistemas, la comprensión de los procesos involucrados y de los mecanismos que tienen para reponerse a los daños, nos ayuden a entender cómo actuar.

En el presente libro podrán encontrar el desarrollo teórico de algunos de los principales ejes que atraviesan la restauración ecológica. Asimismo, se proponen una serie de actividades que invitan a introducir estos ejes dentro del aula, para poder trabajarlo con los estudiantes. Naturalmente cada institución tiene su realidad y sus particularidades, por lo cual, esperamos que lejos de ser tomadas como recetas a seguir o actividades a realizar “al pie de la letra”, éstas sirvan como punto de partida para que cada docente pueda pensar las suyas, en función de su intencionalidad pedagógica.

En estas últimas décadas se ha fomentado mucho la inclusión de proyectos educativos que permitan construir saberes contextualizados, vinculando diferentes áreas de conocimiento. En este contexto, estamos convencidos que la Restauración Ecológica es

un eje que permite este tipo de trabajo inter y multidisciplinario. Desde pequeñas actividades donde se vean involucrados docentes de diferentes áreas de conocimiento, hasta proyectos que perduren en el tiempo, donde los alumnos puedan ir trabajando colaborativamente año tras año. Las posibilidades son muchas, nosotros les acercamos ideas y aportes teóricos para comenzar a pensarlas.

Nos convoca pensar que por imposible que parezca la meta planteada, el sólo intento de alcanzarla será una oportunidad de aprendizaje; si logramos aprender de los aciertos y de los errores de la experiencia, la próxima vez que lo intentemos ya estaremos más cerca....

Miriam E. Gobbi y Alfonso Aguilar

¿QUÉ ES LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA? SU RELACIÓN CON LA EDUCACIÓN

Miriam E. Gobbi

La preservación de los ecosistemas, comunidades y poblaciones naturales constituye una preocupación relevante en nuestros días en distintos sectores de la sociedad. Y es lógico que así sea porque la degradación de los sistemas naturales conlleva pérdidas en la biodiversidad, disminución de la calidad del suelo, del aire y del agua y modificaciones en el funcionamiento de dichos sistemas. Esto ocasiona pérdida de bienes y servicios que dichos sistemas brindan a la sociedad. La siguiente frase, atribuida sin certeza al nativo americano Seattle, jefe indio de la tribu Suquamish en América del Norte (Camacho Valdez & Ruiz Luna, 2011), hace referencia de manera sintética a lo que denominamos actualmente como Servicios Ecosistémicos.

*¿Cómo podríais comprar o vender el cielo, el calor de la tierra? Esta idea nos parece extraña. No somos dueños de la frescura del aire ni del reflejo del agua.
¿Cómo podríais comprárnoslos?*

Los bienes y servicios ecosistémicos son “la multitud de beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad” (FAO, 2016) y que son consecuencia de las funciones que se desarrollan dentro de un ecosistema. Los servicios ecosistémicos incluyen procesos y bienes, tangibles o intangibles, que satisfacen las necesidades humanas, propician el bienestar e incrementan, directa o indirectamente, la calidad de vida de las poblaciones. La producción de alimentos es uno de los principales servicios tangibles que prestan los ecosistemas, pero también se debe prestar atención a otros menos visualizables, como la regulación del clima, la provisión de agua, la oferta de espacios recreativos y la representación de valores culturales.

Los bienes y servicios ecosistémicos pueden, eventualmente, ser valorados económicamente. Este concepto ha estado asociado a una

concepción antropocéntrica de la naturaleza que sostiene que la naturaleza vale en la medida que sirva a la especie humana. Otras visiones han estado menos focalizadas en los intereses utilitarios de nuestra especie y sostienen los valores de la naturaleza aunque no percibamos que nos brinden una utilidad directamente.

Los distintos servicios ecosistémicos han sido agrupados en categorías en función de características comunes (Tabla 1.01). Para una mayor profundización del concepto de bienes y servicios ecosistémicos y de su clasificación se sugiere consultar a Camacho Valdez & Ruiz Luna (2011).

Los bienes y servicios ecosistémicos son de fundamental importancia para lograr una adecuada calidad de vida de toda la población. La reducción de la pobreza, la inclusión social y el ejercicio de una ciudadanía plena implican velar por el acceso universal a los beneficios que derivan de los servicios ecosistémicos, y en este sentido se hace imperioso trabajar para conservar los recursos naturales.

La conservación de los recursos naturales ha estado ligada a la prevención en las pérdidas de biodiversidad y sus acciones se han centrado en la preservación de las especies y de los hábitats subsistentes (WRI, UICN, PNUMA 1992). Sin embargo es mucho más lo que se puede hacer; sin duda la prevención de la degradación es imprescindible, pero una vez que ocurrió, ¿Qué hacemos? ¿Esperamos que se recupere solo? Esto suele llevar mucho tiempo, ¿se puede acelerar el proceso de recuperación? ¿Cómo actuar? ¿Cuándo actuar?

Tabla1.01. Categorías, descripción y ejemplos de servicios ecosistémicos (MA, 2005, modificada).

Categorías	Descripción y ejemplos.
Regulación:	Capacidad natural y semi-natural de los ecosistemas para regular los procesos ecológicos y el sistema de soporte de la vida, proveyendo y manteniendo un medio ambiente sano y limpio. Ejemplos: <i>regulación del clima, suelo, agua, aire puro, polinización, etc.</i>
Esenciales, de Sustento o Transporte:	Capacidad natural y semi-natural de los ecosistemas para proporcionar espacio y sustrato a las actividades humanas. Ejemplos: <i>sitios para asentamiento, producción, ciclaje de nutrientes, etc.</i>
Producción o Aprovechamiento de bienes:	Recursos de la naturaleza utilizados directamente o como materias primas para diversos usos. Ejemplos: <i>madera, leña, alimentos, materias primas, etc.</i>
Información o Culturales:	Capacidad natural y semi-natural de los ecosistemas para contribuir a mantener la salud física, espiritual y mental . Ejemplos: <i>valores estéticos, recreativos, religiosos, espirituales, artísticos, etc.</i>

Estas preguntas surgen de la percepción de un problema y también de una actitud acorde con “hacerse cargo” de que somos parte de las causas de dicho problema. Para responderlas, es necesario conocer la estructura y el funcionamiento de los sistemas naturales, entendiendo que comparten muchas características, pero también que poseen muchas que son muy propias y particulares de cada uno de ellos. Por ejemplo, todos los lagos son sistemas naturales en una depresión del terreno en la que se acumula agua que recogen de pluviales, napas subterráneas o de uno o varios ríos, y que tienen una biota asociada; sin embargo no hay dos lagos iguales, porque aun

estando en la misma región, sus características dependen del tipo de sustrato, de los afluentes, de la vegetación de sus costas y de muchos otros factores, por lo tanto la composición y el funcionamiento nunca serán idénticos.

Conocer un ecosistema implica considerar diversos componentes, como la composición y abundancia de las especies (¿Qué especies están presentes?, ¿Cuántos individuos hay?, ¿Cuánto espacio ocupan?, etc.), la fisonomía de la vegetación, las características de los componentes abióticos y las interacciones que conforman y regulan ese sistema. Los sistemas naturales no son estáticos, por el contrario, se modifican en el tiempo y responden a los distintos disturbios. En este sentido, los disturbios, entendidos como eventos de remoción de biomasa, discretos en el tiempo, que alteran un ecosistema, comunidad o población, cambiando la disponibilidad de recursos y permitiendo el establecimiento de nuevos individuos, constituyen elementos claves en la dinámica de los sistemas naturales. Los cambios en la disponibilidad de recursos hacen referencia a las transformaciones que ha sufrido un sistema disturbado. Por ejemplo, luego de una tala (disturbio antrópico), las especies del sotobosque reciben mayor cantidad de luz y de agua de lluvia, que ahora no es interceptada por el dosel arbóreo, o bien, luego de un incendio, se producen cambios en la disponibilidad de nutrientes del suelo, así suelen disminuir las concentraciones de carbono orgánico, nitrógeno y azufre, debido que se volatilizan a temperaturas relativamente bajas y fácilmente alcanzables en un fuego en bosques (200-300° C), mientras aumentan otros elementos, como el fósforo, que volatiliza a temperaturas mucho más altas y por lo tanto queda en las cenizas, lo que hace que aumente el pH de dichos suelos.

Los disturbios se pueden clasificar en naturales, y propios del sistema, como por ejemplo un incendio producido por un rayo o por una erupción volcánica; o bien antrópicos, es decir, provocados directa o indirectamente por las acciones humanas, por ejemplo un incendio producido intencionalmente o por un descuido. Como se

evidencia con el ejemplo planteado, el mismo tipo de disturbio puede ocurrir por causas naturales o antrópicas. Cabe aclarar que muchos disturbios son una combinación de ambos, por ejemplo, una inundación puede ser consecuencia de lluvias muy intensas (naturales), pero la magnitud que toma la inundación puede estar asociada a actividades humanas como el desmonte, remoción o cambios en el tipo de vegetación que cubre el suelo, modificación del cauce de un río, etc.

Como consecuencia de las modificaciones en la disponibilidad de los recursos se producen una serie de cambios en el tiempo que implica modificaciones en la composición, estructura y funcionamiento de los sistemas vivos, este proceso es conocido como **sucesión ecológica**. Los ecosistemas, como cualquier sistema vivo, tienen una historia y no siempre fueron como los vemos ahora, por ejemplo muchos matorrales de la región fueron bosque que sufrieron algún tipo de disturbio, si las condiciones son apropiadas los árboles vuelven a colonizar dichos matorrales, al principio de manera dispersa, hasta que la comunidad boscosa vuelve a instalarse, en esa trayectoria, de bosque - bosque destruido – matorral bajo – matorral alto – bosque va cambiando la estructura y la composición de las comunidades. La **estabilidad de los ecosistemas**, entendida como la capacidad de los mismos de mantener una determinada trayectoria, a pesar de la presencia de disturbios y del estrés, refleja un equilibrio dinámico y no un estancamiento, y se logra en parte por la capacidad de **resistencia** y de **resiliencia** de los sistemas.

La resistencia hace referencia a la capacidad de un sistema natural para absorber pequeños disturbios y así mantener sus atributos estructurales y funcionales luego de un disturbio, por ejemplo, algunas especies arbóreas de la región, como la araucaria (*Araucaria araucana*) y el radial (*Lomatia hirsuta*), están más adaptadas al fuego y resisten mejor que otras, como la lenga (*Nothofagus pumilio*), que es muy sensible al fuego. La resistencia también hace referencia a ciertas propiedades, individuales o del ecosistema, que previenen que los

organismos sucumban a algún estrés, por ejemplo la regulación o control que ejercen las plantas produciendo determinadas sustancias químicas en defensa de insectos herbívoros.

La resiliencia, por otro lado, hace referencia a la capacidad de un sistema natural para volver al estado similar al previo a que ocurriera un disturbio. Las comunidades que poseen especies con una alta capacidad de rebrotar y de formar banco de semillas de persistentes en el tiempo de muchas y con alta diversidad de plantas tienen mayores probabilidades de regenerar la comunidad original por persistencia y por auto reemplazo.

Si un sistema natural tiene mecanismos propios para recuperarse, ¿porque intervenir y no dejar que se autorecupere? Cuando los sistemas han sido fuertemente degradados, dañados, transformado o destruidos por acciones humanas, o bien cuando el riesgo de sucesivas intervenciones hace poco probable la recuperación, los mecanismos sucesionales se ven inhibidos y el resultado puede ser que la recuperación nunca ocurra, al menos no en el sentido de que se vuelva a desarrollar un sistema similar al anterior ni en estructura ni en funcionalidad, y por lo tanto las funciones ecosistémicas también se verán modificadas.

Quizás ahora estemos en condiciones de abordar las preguntas que nos planteamos y parte de las respuestas a estas preguntas se pueden abordar desde la Restauración Ecológica.

Luego de haber trabajado algunos conceptos relacionados con la dinámica de los ecosistemas podemos repensar las preguntas que nos hicimos con anterioridad y buscar en la Restauración Ecológica, algunas respuestas sobre el proceso de recuperación de dichos sistemas.

La **Restauración Ecológica** es una disciplina de la ecología que estudia la intervención en los ecosistemas degradados por disturbios producidos, directa o indirectamente, por acciones antrópicas, tiene como objetivo recuperar la estructura, composición y la función de los ecosistemas y hacer que esa recuperación sea perdurable en el

tiempo (Sociedad de Restauración Ecológica, 2004), y por lo tanto mantener los servicios que dichos ecosistemas brindan a la sociedad. Es una disciplina relativamente nueva, dinámica y en continuo proceso de cambio, que se replantea sus principios y sus metas.

La intervención en estos sistemas degradados debe ser abordada desde tres aproximaciones (Figura 1.01):

- La ambiental, que aporta desde el conocimiento de cómo están formados los ecosistemas, qué especies son propias de ese ambiente, qué interacciones son claves, qué disturbios naturales son propios de ese sistema y cómo se recupera. Es la aproximación más ligada a la biología.
- La económica, desde el momento que la intervención de un sistema para su recuperación implica asignarle recursos, invertir en el sistema para paliar los daños ocasionados.
- La social, ya que la sociedad está involucrada en el sistema degradado al ser responsables de dicha degradación, pero también al ser beneficiarios de que ese sistema se recupere. Somos los que decidimos qué queremos intervenir, qué esperamos de esa intervención, hacemos la legislación, y definimos qué usos vamos a darle al sistema, entre otras acciones. Desde esta aproximación, juegan la cultura y en particular la política de manejo de recursos naturales, la educación, los recursos científicos y tecnológicos y los valores de una sociedad.

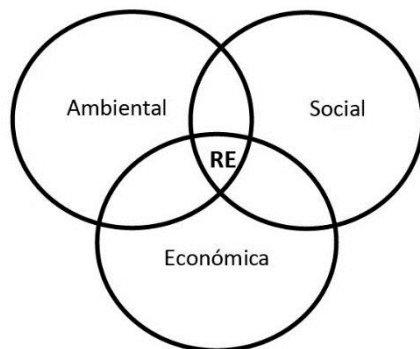


Figura 1.01. La Restauración Ecológica (RE) resulta de la interacción entre componentes ambientales, sociales y económicos.

La Restauración Ecológica es, por lo tanto una disciplina de síntesis y de integración. Teniendo en cuenta esta característica, podemos empezar a percibirla como una temática educativa potente que habilita a trabajar e integrar diferentes campos de conocimiento. No tiene una receta pre-establecida que sirva para resolver cualquier problema. Cada sistema natural tiene sus particularidades y deben ser entendidas y atendidas para aumentar las probabilidades de éxito en una intervención para restaurarlo. Para esto es imprescindible conocer el sistema y saber qué mecanismos tiene para recuperarse cuando ha sido alterado, y cuáles de esos mecanismos pueden entrar en juego cuando el daño ha sido causado por acciones humanas.

La restauración trata que un ecosistema retome su trayectoria histórica, o sea, ponga en juego los mecanismos que tiene y mejore en calidad. En este punto es clave caracterizar el “ecosistema de referencia”, o sea, un sistema anterior al disturbio que tenía mayor diversidad, una estructura más compleja y mayor funcionalidad, y que sirve como punto de referencia en las intervenciones. El ecosistema de referencia indica qué especies van a estar presentes, en qué proporciones, qué calidad de suelo y de agua son necesarias, qué interacciones son claves y sobre todo, qué capacidad de estabilidad va

a tener el nuevo sistema. Conducir un sistema degradado a otro que se parece al anterior a la degradación, pero que debe ser subsidiado constantemente por siembra o plantaciones, por riego o fertilización, es construir un sistema que no se puede sostener a sí mismo, y por lo tanto se parece poco a un sistema natural. Por lo tanto, la restauración debería considerar como premisa básica que las intervenciones son circunstanciales, y que el sistema debe poder mantenerse en equilibrio sin subsidios humanos constantes.

Un aspecto relevante a considerar es la procedencia genética del material a utilizar en el repoblamiento de la zona degradada. Si la intención de restaurar es imitar el estado del sistema antes de la degradación, el material a utilizar debería obtenerse localmente para asegurar que represente los ecotipos (= forma genéticamente diferenciadas de una especie que vive en un hábitat o ecosistema determinados) propios de ese lugar. Se asume que los individuos presentes en las proximidades del sitio a restaurar tienen un acervo genético similar al de los individuos que se perdieron, y esto los hace estar mejor adaptados al mismo. Los individuos presentes en el sitio son el producto de la selección natural y por lo tanto poseen información genética que les permite un mejor funcionamiento en el sitio, o sea individuos con mayor tolerancia al estrés (hídrico, térmico, lumínico, por salinidad del suelo, etc.), mejor resistencia a herbívoros, patógenos y parásitos y con interacciones más estrechas con los otros componentes del sistema natural. Utilizando este material genético (crías, semillas o esquejes) se asume que se obtendrán individuos con mayor adaptabilidad en los proyectos de restauración y se reducirá el riesgo de contaminación genética. Si esto es imposible, entonces podría tomarse material lo más cercano posible, asumiendo que esto lo hace muy parecido. Sin embargo, existen controversias al respecto y algunos autores indican que en un contexto de cambio climático tan marcado, y a falta de material genético propio del sitio, habría que considerar semillas procedentes de ambientes cercanos un poco más cálidos y con mayor resistencia a la sequía.

Existen diversas formas de recuperar un área degradada, además de la restauración, que podrían resumirse en:

- **Rehabilitación:** comparte con la restauración la puesta en foco de los ecosistemas históricos o preexistentes como modelos o referencias, pero las dos actividades difieren en sus metas y estrategias. La rehabilitación enfatiza la reparación de los procesos, la productividad y los servicios de un ecosistema, mientras que las metas de la restauración también incluyen el restablecimiento de la composición de especies y estructura de la comunidad.
- **Reclamación:** pone foco en dar un propósito útil al espacio a recuperar, con la intención de obtener un ecosistema completamente diferente del natural. Suele incluir la estabilización del terreno, la seguridad pública, el mejoramiento estético y, por lo general, pone énfasis en la utilidad para la especie humana del sistema en cuestión.
- **Remediación:** hace referencia al término remedio, y se relaciona con la aplicación de estrategias físico-químicas y biológicas para evitar el daño y la contaminación en suelos o de aguas.
- **Revegetación:** hace referencia al re-establecimiento de especies vegetales, que no tienen por qué ser las especies propias del sitio. En este sentido, la revegetación puede ser una estrategia de restauración, rehabilitación o reclamación, dependiendo de las especies elegidas y de la disposición y la abundancia en el espacio.

Estas estrategias no son mutuamente excluyentes y no tienen siempre límites tan claros, por lo tanto la selección de la forma más apropiada de intervención para recuperar un sistema son tan variadas como los mismos sistemas, y debería responder siempre a criterios de factibilidad: un balance entre los recursos que se disponen y los resultados que se espera obtener.

Decidir la mejor forma de intervenir no siempre es fácil. Podemos restaurar **pasivamente**, retirando los agentes de disturbio de la zona y cuidando que el sistema se recupere solo, o bien podemos intervenir **activamente**, que implica una actuación más intensa y programada (sembrar, plantar, modificar la pendiente, re-organizar la circulación del agua, proteger el suelo, implementar dispositivos que atraigan nuevamente a la fauna, etc.).

Las especies nativas ocupan un lugar relevante en las intervenciones para restaurar un sistema degradado, en primer lugar porque son los componentes vivos del ecosistema de referencia, pero además porque están adaptadas a las condiciones ambientales propias del sitio y cumplen funciones y establecen interacciones, tanto con otras especies como con el ambiente, que hacen al desarrollo, la evolución y el equilibrio de ese sistema.

¿QUÉ ES EL ÉXITO DE UN PROYECTO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA?

Consideramos que un ecosistema se ha recuperado cuando sus recursos bióticos y abióticos le permiten mantener su estructura y funcionamiento en rangos similares a los del ecosistema de referencia y, minimizando las ayudas externas o los subsidios permanentes, se integrará a los sistemas adyacentes en términos de flujos bióticos y abióticos e interacciones culturales. Sin embargo, cualquier aproximación a esta situación ideal constituye, en sí mismo un éxito. El éxito en la restauración ecológica se relaciona con el conocimiento que tengamos del sistema natural a recuperar, con el planteo claro de los objetivos, con la cantidad y calidad de los recursos invertidos y con el compromiso real de las instituciones y organizaciones involucradas; pero nada de esto garantiza una mejora en la calidad ambiental si no se cuenta con la colaboración y participación de las comunidades locales en los proyectos y no se logra que dichas comunidades se apropien del proyecto. A continuación se detallan

una serie de criterios planeados por la SER para ser utilizados como punto de referencia.

¿CÓMO SE HACE UNA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA?

No existe un procedimiento fijo a seguir que indique paso a paso como resolver un problema de restauración ecológica, pero sí puede servir de base considerar, con flexibilidad, una serie de etapas (Figura 1.02).

- **Identificar y delimitar el sistema de estudio.** ¿Cuál es el sistema a estudiar? ¿Qué límites físicos tiene? ¿Con qué otros sistemas limita?
- **Identificar y determinar la magnitud de los factores que provocaron la degradación.** Es conveniente realizar una evaluación que contemple distintas miradas y aproximaciones, incluyendo algunas muy específicas (especialistas en distintos componentes del sistema) como aquellas muy generalistas, por ejemplo, personas que utilizan dicho sistema (habitantes, vecinos, etc.). ¿Qué le pasó a ese sistema? ¿Los factores que lo degradaron siguen presentes? ¿Fueron circunstanciales? ¿Pueden volver a ocurrir? ¿Son fenómenos frecuentes o aislados?
- **Establecer el ecosistema de referencia.** Recopilar toda la información que permita saber cómo era el sistema antes de la degradación (imágenes, relatos, informes, estudios, etc.). Nuevamente, los habitantes del sistema y los vecinos pueden dar información relevante. A falta de información precisa se puede plantear un modelo teórico ¿Qué tipo de vegetación podría ser la típica del sitio considerando las características geográficas? Los especialistas en temáticas ambientales pueden indicar qué tipo de comunidades se instalan en determinadas condiciones.

- **Realizar una descripción detallada** de la composición de especies y de la estructura de la vegetación, tanto de las áreas mejor conservadas del ecosistema de referencia, como del sistema degradado. Recopilar antecedentes legales respecto al uso del espacio. ¿A qué jurisdicción pertenece? ¿Cuál es la legislación vigente para ese sitio?
- **Servicios ecosistémicos asociados.** ¿Cuáles son los servicios que brindaría a la población el área seleccionada si tuviese una mayor calidad ambiental?
- **Planificación de la intervención.** ¿Cómo consideramos que se podría intervenir en cada uno de los componentes del sistema degradado (suelo, vegetación, fauna, agua, etc.)?. De las posibles intervenciones, ¿Cuáles son factibles? ¿Con qué tipo de recursos se cuenta? ¿Quiénes pueden trabajar en cada una de las acciones? Hacer una ronda de consulta con los especialistas y con conocedores del sistema. Elaboración de un cronograma de actividades.
- **Identificar variables indicadoras de la recuperación del ecosistema en cuestión.** ¿Qué variables van a cambiar si el sistema se recupera? ¿Cómo va a variar la cobertura de la vegetación? ¿Qué especies esperamos que aparezcan y cuáles que disminuyan? ¿Cómo esperamos que circule el agua? , entre otras preguntas.
- **Implementar la intervención.** Aplicar enmiendas, trabajar el suelo, evitar erosión, descontaminar, erradicar exóticas, sembrar, plantar, atraer fauna nativa, etc.
- **Monitoreo del sistema.** ¿Cómo ha evolucionado el sistema? ¿Qué resultados se observan? ¿Es necesario replantearse las

acciones realizadas? ¿Qué nuevas intervenciones se pueden hacer? Evaluación de la intervención.

- **Comunicación de los resultados.** Las experiencias de intervención pueden dar resultados similares a los esperados o no, lo que nunca deberíamos omitir es aprender de la propia experiencia y comunicar a los demás lo aprendido. Si pudimos aprender de una experiencia, entonces es un éxito aunque sea parcialmente, aunque los resultados no sean lo que esperamos.

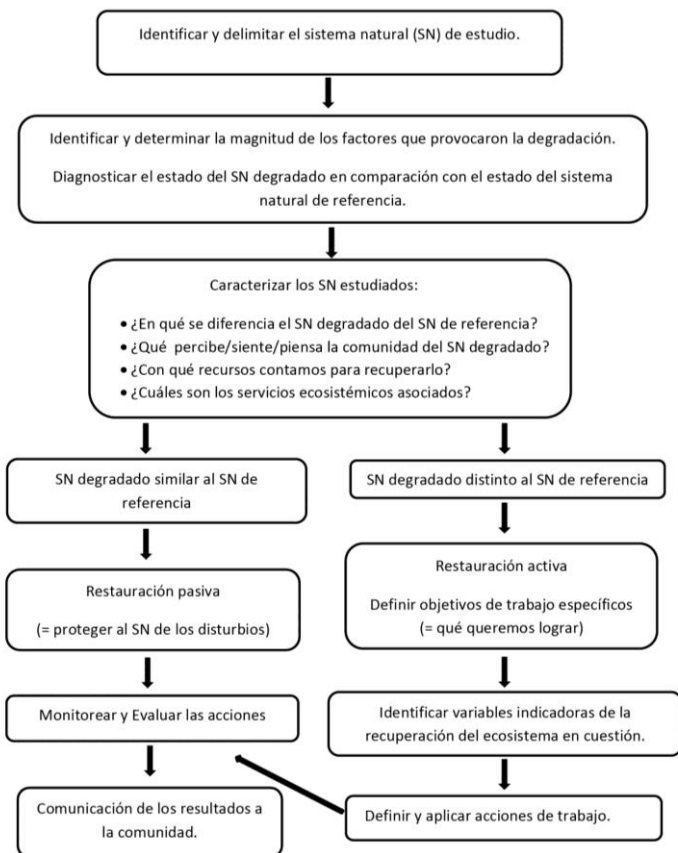


Figura 1.02. Diagrama de secuencias y relaciones entre las etapas de implementación de un proyecto de restauración ecológica. (SN: Sistema Natural)

LOS PROYECTOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DESDE LA PERSPECTIVA EDUCATIVA

Existen en nuestra región, y en otras de características similares en el mundo, experiencias de recuperación de ambientes degradados que pueden ser un buen punto de partida para pensar acciones, planificar intervenciones, sensibilizar a la población, plantear preguntas y generar y ejecutar proyectos (Ceccon y Perez, 2016). La restauración ecológica es una de las tantas maneras de conocer los sistemas naturales que nos rodean, porque nos permite analizar su estado de conservación, estudiar cómo se relacionan con los disturbios y cómo se recuperan. La formulación de preguntas y la experimentación nos permiten investigar la respuesta de esos sistemas a nuestras intervenciones. En el ámbito educativo estas actividades cobran especial relevancia, ya que permite abordar problemáticas de diversas áreas de conocimiento, en proyectos interdisciplinarios. Asimismo, desde la perspectiva de la alfabetización científica, nos permite trabajar en conceptos específicos y en el desarrollo de diversas destrezas científicas, como ser la observación, el registro, la formulación de hipótesis, el diseño experimental, la recopilación de datos, entre otros. Asimismo, pensar en el abordaje de esta temática desde una perspectiva de resolución de situaciones problemáticas, implica la necesidad de poner en contexto diversos conceptos, adquiriendo nuevos y resignificando los ya construidos.

La implementación de proyectos de Restauración Ecológica en un ámbito educativo permitirá:

- Conocer más sobre la composición, estructura y forma de funcionamiento de nuestros ambientes naturales (¿Qué especies viven allí?, ¿Qué hacen? ¿Cómo se relacionan? ¿Cómo se regulan?, etc.), y sobre todo cómo se recuperan de los disturbios (naturales o antrópicos),
- Aprender procedimientos y metodologías de aplicación de bajo costo, fácil accesibilidad y alta eficiencia. Para esto

tenemos que trabajar en conjunto con distintas ramas de las ciencias y de la tecnología.

- Instalar en la población la idea de que se puede hacer algo más que prevenir y lamentarse cuando un disturbio arrasó o deterioró un ambiente. Podemos intervenir, con cautela, de manera integrada, con continuidad, y sobre todo evaluando cada paso para re-programar el paso siguiente. En este sentido, los proyectos de voluntariado han constituido un aporte relevante y sinérgico entre la recuperación de zonas degradadas, la educación ambiental y la participación ciudadana (Renison *et al.* 2016).
- Educar, para que los ciudadanos sepan que tienen derecho a exigir legislación y recursos que permitan conservar los recursos naturales y restaurar los ambientes degradados.
- Abordar dichas temáticas desde posibles soluciones concretas y no desde la percepción de problemáticas sin solución.
- Generar un ámbito en el cual se puedan ver involucrados diversos actores de la comunidad que rodea y da identidad a cada escuela.
- Extrapolando estas temáticas hacia el interior de la Institución, se puede trabajar con nuestros alumnos el valor de mantener nuestros espacios cotidianos ordenados, limpios, sin romperlos ni degradarlos, para hacer una utilización óptima del mismo y para que pueda ser utilizado por los alumnos de años siguientes.
- Aportar ámbitos de trabajo interdisciplinario que habiliten a construir proyectos escolares que trasciendan las asignaturas y las paredes de las aulas.
- Propiciar la adquisición de diversas destrezas o habilidades científicas.

Estas son algunas de las potencialidades que creemos tiene la implementación de los proyectos de Restauración Ecológica, pero sin

dudas que los alcances dependerán de la creatividad, las ganas y el compromiso de toda la comunidad educativa, en conjunto con la sociedad que la rodea.

PROPUESTAS METODOLÓGICAS

Actividad 1: Una mirada a los sistemas naturales

Propongamos una salida a un sistema natural próximo que forme parte de nuestra cotidianeidad, en lo posible público. Puede ser un área de uso público, como una plaza o el parque o jardín de una institución pública, la costa de un ambiente acuático, etc. Durante el recorrido registremos en dos columnas los factores bióticos y abióticos que podamos detectar, y explicitemos relaciones entre ellos, que nos parezcan relevantes, ligando los factores mediante líneas. ¿Qué servicios ecosistémicos brinda la zona recorrida? ¿Qué diferencias podrían existir en la percepción de dichos servicios ecosistémicos entre distintos sectores de la sociedad (edades, etnias, religiones, etc.)? Recolectemos también información de la valoración social de dicho espacio: historias de nuestros alumnos, recuerdos o valoraciones de los vecinos y de las personas que hacen uso de él. Elaboremos a partir de esto un escrito que permita resaltar el valor social que dicho espacio tiene en la actualidad.

Actividad 2: ¿Cómo era este sistema cuando no estaba degradado?

Elegir un sistema degradado próximo al ámbito escolar. ¿Qué indicadores de degradación ambiental registramos? Mediante encuestas a distintos sectores de la sociedad (vecinos, científicos, ONG ambientalistas, funcionarios de medio ambiente, viejos pobladores, etc.) relevar que indicadores de degradación ambiental registran y que evaluación hacen del estado de conservación del sitio. Comparar las diferentes miradas y percepciones. Las distintas áreas

del conocimiento pueden aportar a la búsqueda de este tipo de información (sociales, comunicación, etc.).

Conocer y tener en cuenta el tipo de disturbio que afectó el sitio. Caracterizarlo en función de tipo de disturbio, duración, área que abarcó e intensidad.

Actividad 3: Antes y después

La participación y el compromiso social con la recuperación de un ambiente degradado se relacionan con el conocimiento y con la percepción que podemos tener de dicho sistema. La comunicación de la información juega un papel sumamente importante en la toma de conciencia y en la capacidad de plantear acciones integradas. En este sentido, la interacción entre el área de ciencias sociales, naturales y comunicación puede permitirnos plantear nuestra percepción y nuestras expectativas respecto a los problemas ambientales y los distintos recursos gráficos, ayudarnos a comunicarlas. ¿Qué campaña podríamos implementar para que la población tomara conciencia acerca del estado de degradación de un espacio común? ¿Cómo vemos ese espacio actualmente? ¿Cómo era antes? ¿Cómo nos gustaría que estuviera?

EL ROL DE LOS SUELOS EN LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Andrea Soledad Enriquez y María Victoria Cremona

El aumento en la demanda por los recursos naturales está incrementando la presión en el uso de las tierras, llevando frecuentemente a la degradación de los ecosistemas. De esta manera se plantea la necesidad de acompañar esta tendencia con nuevas generaciones de actores que cuenten con otra percepción del mundo que nos rodea, con una mirada crítica del contexto ambiental donde vivimos y con conciencia y sensibilidad de los impactos positivos o negativos que los humanos pueden hacer sobre los ecosistemas.

Como ya hemos analizado en el primer capítulo (¿Qué es la Restauración Ecológica? Su relación con la Educación), frente a un ambiente que ha sido perturbado, una de las acciones positivas que podemos realizar es aportar a “repararlo”, a través de la Restauración Ecológica, que involucra acciones desde perspectivas ambientales, culturales y económicas. Desde la mirada ambiental, hasta hace poco tiempo atrás se aplicaban procedimientos compartimentalizados, con énfasis en las ciencias botánicas. Esta visión se fundaba quizás en el hecho de que las comunidades naturales están compuestas por grandes plantas, que son la base de la mayoría de los ecosistemas por ser la base de las redes alimentarias y las que transforman energía lumínica en química (Young, *et al.*, 2005), y también porque no se desplazan, y por lo tanto son un componente biológico que se puede incorporar a un sistema donde los seres vivos han disminuido, minimizando el riesgo de escape. Pero los ecosistemas no solamente se conforman de una parte aérea “verde” sino que incluyen otros componentes cruciales para su sostenibilidad, por lo que en la actualidad se acepta que el abordaje de la restauración debe ser efectuado en su conjunto. De esta manera se plantea la necesidad de

considerar el funcionamiento del sistema suelo-planta (conocimiento integrado del sistema físico, químico y biológico y de los procesos que los relacionan) para restaurar sistemas con interacciones complejas luego de que un disturbio ha ocurrido (Heneghan *et al.*, 2008). A esta aproximación se la conoce como holística y es más sofisticada que las aproximaciones más simples que consideran los factores de manera aislada.

La mirada holística contempla a todo el ecosistema en su conjunto, es decir a la biota (flora, fauna y microorganismos) pero también al ambiente donde ésta se desarrolla y a las interacciones entre éstos (SER, 2004). El abordaje de las prácticas de restauración encuentra su complejidad justamente en la necesidad de comprender los componentes estructurales y funcionales de los ecosistemas y sus interacciones. Por lo tanto, también es importante conocer el ambiente físico o abiótico que sostiene la biota de un ecosistema, que incluye al suelo, al medio atmosférico y el acuoso, haciendo necesario considerar aspectos relacionados a la hidrología, el clima, el relieve, la orientación topográfica y de los regímenes de nutrientes y salinidad (SER, 2004). De esta manera, este capítulo tiene por objetivo abordar el concepto de restauración ecológica enfocado en el sistema suelo, como eslabón poco evidenciado pero fundamental para el desarrollo de los hábitats.

EL SUELO Y LA RESTAURACIÓN

Tradicionalmente se define al suelo como el medio natural para el crecimiento de las plantas (FAO, 2008). Sin embargo, los suelos son mucho más que eso, son las entidades de organización central de los ecosistemas terrestres (Coleman y Whitman, 2005). Cuando hablamos de suelo nos referimos a un sistema natural de volumen variable que se localiza sobre o cerca de la superficie de La Tierra y que consiste en componentes químicos, físicos y biológicos que interactúan, con

relaciones integrales con la atmósfera, la geología y la hidrología características de los ecosistemas locales (Panigatti, 2008). Los suelos sanos tienen una estructura heterogénea, poseen una biota activa y proveen de numerosos servicios ecosistémicos (ver capítulo 1: ¿Qué es la Restauración Ecológica? Y que tiene que ver con la educación). La perturbación de los suelos puede alterar esos servicios ecosistémicos (Daily *et al.*, 1997) y sin medidas de restauración pueden permanecer en un estado de deterioro, comenzar a declinar o recuperarse lentamente (Insam y Haselwandter, 1989).

¿QUÉ DEBEMOS TENER EN CUENTA A LA HORA DE PENSAR EN LA RESTAURACIÓN DE UN SUELO?

En principio resulta interesante tomar conciencia de que los suelos que vemos hoy son el resultado de cientos de miles de años de interacción entre el material parental (o roca madre), el clima, la topografía y los organismos (Jenny, 1941). En el proceso de formación del suelo, la roca madre sufre de procesos de meteorización (química, física y biológica) que provocan su fragmentación en tamaños cada vez más pequeños. Estos fragmentos de roca, junto con la incorporación de la materia orgánica de la vegetación y animales en descomposición, van conformando distintas capas de suelo que se diferencian de manera vertical (perfil del suelo) denominados horizontes (Figura 2.01). Existen distintos tipos de horizontes del suelo que se denominan con letras, pudiendo diferenciar de manera general los siguientes:

- Horizonte A: es el horizonte más superficial y expuesto del suelo, donde abundan las raíces y los organismos y microorganismos animales y vegetales. Es la capa del suelo de color más oscura debido a la acumulación de materia orgánica. En ocasiones pueden aparecer otros horizontes

asociados como horizonte O-orgánico, con elevada cantidad de hojarasca y materia orgánica (bosques) o el E-eluviación, en condiciones favorables al lavado de materiales;

- Horizonte B: es la capa que le sigue en profundidad al horizonte A, y es la que recibe el material que es transportado desde la superficie por el agua (materia orgánica y arcillas). Su coloración tiende a ser más clara que la del anterior ya que la materia orgánica está en menor cantidad, más descompuesta e integrada a los fragmentos minerales;
- Horizonte C: este horizonte está formado por la roca madre fragmentada y en proceso de desintegración;
- Horizonte D: es la capa más profunda del suelo, formada por la roca madre fragmentada.

No siempre todos los horizontes están presentes y en ocasiones pueden diferenciarse más aun cada uno de ellos, formando perfiles más complejos.

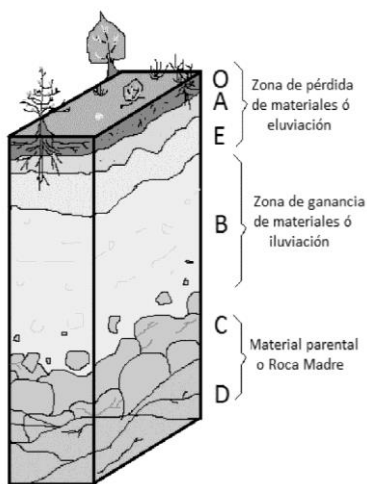


Figura 2.01. Diferenciación de horizontes en perfil del suelo.

Los procesos de degradación de los ecosistemas terrestres en cambio, tienen lugar en tiempos mucho más breves y pueden verse fuertemente reflejados en daños en el suelo, con la pérdida o alteración de muchas de sus propiedades y funciones. Los procesos de deterioro tienen su mayor impacto en las capas más superficiales del suelo (horizonte A), pero ante impactos muy intensos también las capas más profundas pueden llegar a afectarse (horizonte B).

El daño que puede sufrir un suelo puede ser cuantificado mediante la identificación de la variación de parámetros individuales. Por ejemplo, la evaluación de daños cuantitativos puede incluir el cálculo de la cantidad de suelo y nutrientes eliminados por erosión eólica (Buschiazzo y Aimar, 2003) o hídrica, de la reducción en la materia orgánica del suelo, la disminución de los nutrientes del suelo (nitrógeno, fósforo, etc.), la pérdida de la capacidad para retener agua, de modificaciones en el pH normal del suelo, aumentos en la conductividad eléctrica (salinización), la pérdida en la cobertura vegetal, etc.

Según la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO, 2018), la degradación del suelo es definida como un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios, por lo que la evaluación del estado de un ambiente deteriorado respecto de la condición del suelo también debe ser vista de manera cualitativa, en función de la reducción en la prestación de servicios ecosistémicos. Para describir esto de manera gráfica, se puede advertir que la erosión de la primera capa de suelo puede traer consecuencias asociadas como la falta de capacidad para infiltrar y retener agua, que puede derivar en inundaciones o aludes aguas abajo, resultando en daños colaterales con pérdidas monetarias para las poblaciones asociadas. O mencionar que la degradación de los pastizales en la estepa de la Patagonia Argentina puede generar estados de deterioro tan severos que llegan a perjudicar el desarrollo

de la actividad ganadera de la región en el tiempo (sustentabilidad), con consecuencias reales y negativas para el sector rural.

Aunque optimistas, también debemos ser realistas. Con la restauración de los suelos dañados probablemente nunca podremos recuperar la condición prístina (original, pura y sin disturbio), pero sí podemos ser capaces de devolver una proporción significativa de su composición, estructura y fundamentalmente sus funciones originales (Sánchez *et al.*, 2005). El tiempo que tomará alcanzar la restauración edáfica y los esfuerzos a invertir en el proceso serán directamente proporcionales al grado de modificación del ecosistema. Por lo tanto, tan importante como la reparación de los ecosistemas es la detección temprana de los procesos de deterioro (síntomas), que nos permitirán actuar de manera más rápida, con los menores costos de intervención asociados y con los mejores resultados.

Para iniciar los programas de restauración es necesario caracterizar el ecosistema problema, para definir el grado de perturbación antes de proceder con otros aspectos. En este punto es muy importante establecer el grado en que los suelos se han modificado respecto de su estado inicial. Para entender esto puede utilizarse el concepto de “legado del suelo”, que es definido como los atributos físicos, químicos y biológicos y sus interacciones que permanecen en el suelo luego de que un cambio significativo ha ocurrido en el ecosistema (Baer *et al.*, 2012). El “legado del suelo” establece específicamente el grado en el que las propiedades del suelo (por ejemplo, horizontes, porosidad, textura, almacenamiento de nutrientes, contenido de materia orgánica, agregación, etc.) y sus funciones (por ejemplo, el suministro de nutrientes, infiltración, etc.) al inicio de la restauración reflejan características previas al deterioro. Este conocimiento permite establecer la planificación de las actividades y los recursos a invertir en la restauración ya que en ocasiones es necesario emprender una fase inicial de reacondicionamiento del suelo. Esto significa que, si el deterioro del suelo por el impacto ha sido tan severo que ha

modificado drásticamente por ejemplo su conductividad eléctrica o pH o la capacidad de retener agua, será necesaria una fase inicial que revierta esas alteraciones y que facilite el éxito de la restauración de ese ecosistema. Una vez realizada la remediación en fase inicial (si necesaria) se puede continuar con el resto del procedimiento de restauración ecológica.

¿LA RESTAURACIÓN DE LOS SUELOS SE REALIZA SIEMPRE DE LA MISMA MANERA?

La relación entre el “conocimiento ecológico del suelo” y la restauración puede ser considerada en el contexto de la severidad de la perturbación original, los objetivos del proyecto y de la resiliencia del ecosistema original al disturbio (Heneghan *et al.*, 2008). Esto quiere decir que cuanto más severo es el daño en el ambiente respecto del sistema de referencia mayor es la información que se necesitará acerca de la física, química y biología e interacciones para realizar las prácticas de restauración de manera efectiva (uso holístico del conocimiento ecológico del suelo). Por ejemplo, en sitios altamente perturbados generalmente se requiere una activa e importante intervención sobre el suelo. En sitios no tan alterados donde la restauración de la estructura y funciones no es prioritaria se podría recurrir a la manipulación de alguna variable física, química o biológica del suelo para mejorar el estado del sistema. Finalmente, cuando la perturbación de un sitio no es tan grande para quebrar la resiliencia del sistema (por ejemplo, no han cambiado sus principales estructuras o funciones) la necesidad de intervención en el suelo puede ser mínima (restauración pasiva), y quizás solamente con suprimir el disturbio que lo altera sea suficiente. Sin embargo, cuando la perturbación es muy grande se pudo haber llegado a un nuevo estado estable del ecosistema y entonces se requiere de planes de restauración ecológica holísticos. (Ver Caja 1).

CAJA 1. ESTUDIO DE UN MODELO DE ESTADOS Y TRANSICIONES PARA UNA PRADERA DE COIRÓN BLANCO DE LA ESTEPA PATAGÓNICA.

Consideremos una pradera de coirón blanco (*Festuca pallescens*) en la estepa patagónica, que se desarrolla en la periferia de mallines húmedos con el aporte mayormente del agua freática que se acumula en estas zonas bajas del paisaje (Figura 2.02). Este ecosistema es fundamental para la provisión de forraje en los sistemas ganaderos de la región por lo que habitualmente está sometido al pastoreo de distintos tipos de ganado. El pastizal en buena condición cubre casi todo el suelo, presenta plantas vigorosas y con elevada producción, y el suelo se observa en buen estado (buena estructura, sin salinización). Mientras que el pastoreo de ese pastizal se realice en función de la potencialidad que el ambiente brinda, es decir con el número de animales adecuado y en el momento propicio, el mismo no producirá deterioro ni de la vegetación, ni del suelo (Estado I). En la medida que alguna de esas condiciones no se cumpla, con un pastoreo inadecuado, pueden generarse pérdidas de cobertura de la vegetación que exponen el suelo a eventos climáticos extremos, frecuentes en la región.

Si por ejemplo el exceso de pastoreo se combina con un período seco el suelo expuesto a la desecación tenderá a evaporar agua directamente desde la freática y consecuentemente a acumular sales en superficie (salinización), generando condiciones desfavorables por ejemplo para el establecimiento de nuevas plántulas y acentuando la degradación (Estado II). Si en cambio se combina con un evento de lluvia intensa, sobre el suelo desnudo se desencadenarán procesos erosivos, con pérdida del horizonte A y con ello capacidad de infiltrar y retener agua, afectando el vigor de las plantas (Estado III). Ambos estados de deterioro son en general leves y podrían recuperarse eliminando el disturbio (el pastoreo inadecuado). Sin embargo, si más

de un factor de deterioro se combina, podría llevarse el mallín a estados de degradación más severos (Estado IV o estado V) los cuales requerirán de procesos más activos de restauración. En los estados de degradación menos severos (Estados II y III), en donde las pérdidas de suelo por erosión aun no son significativas, pueden lograrse mejoras en la cobertura vegetal interviniendo con prácticas de bajo costo de recursos (tiempo, equipamiento, horas de trabajo, dinero, etc.), como la fertilización e intersiembra, que pueden lograr una recuperación del ambiente volviendo a los estados menos degradados.

Cuando las pérdidas de suelo son importantes, y se forman cárcavas que drenan rápidamente los mallines alterando por completo su funcionalidad (Estados IV o V), es necesario restaurar con prácticas más costosas que implican movimientos importantes de tierra con el objeto de retener el agua en el mallín, que no siempre permiten revertir por completo los estados avanzados de deterioro alcanzados. Si la degradación llega a estados muy severos, que cambian por completo la composición y estructura de la vegetación, es posible que la recuperación sea aún más dificultosa y derive en una comunidad muy diferente de la original (Estado VI).

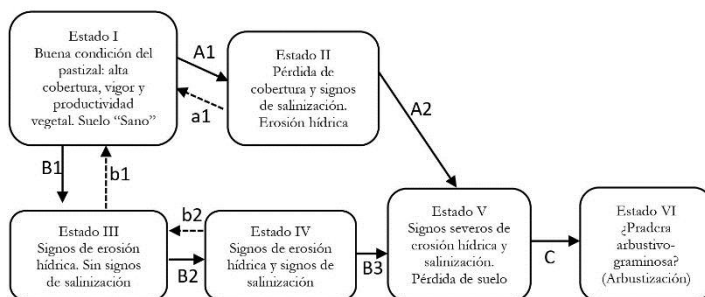


Figura 2.02. Modelo de estados y transiciones para mallines méxicos (sub-húmedos) patagónicos: pradera de *Festuca pallescens*. Ejemplo de posibles caminos de deterioro (con flechas llenas) y de restauración

(flechas punteadas). Signos de salinización: costras de sal en superficie de suelo descubierto. Signos de erosión hídrica leves: erosión laminar o pequeños surcos. Signos de erosión hídrica graves: cárcavas o zanjas.

¿CÓMO SE UTILIZA LA INFORMACIÓN QUE BRINDA EL SUELO EN LOS PROGRAMAS DE RESTAURACIÓN?

Tradicionalmente la información de la condición de sitio es utilizada para desarrollar líneas base u objetivos para las variables del suelo (Tabla 2.01). La fertilización es el tratamiento más comúnmente utilizado en estudios donde variables del suelo son manipuladas y el estatus nutricional del suelo es la respuesta más comúnmente medida con sus cambios a menudo utilizados como indicadores. Sin embargo, como actualmente se acepta la complejidad de los suelos (son heterogéneos, están vivos y tienen historia) se promueve avanzar en su análisis a través de trabajos que contemplen los procesos del suelo, la heterogeneidad subterránea, los roles de la biota edáfica, los controles mediante factores de estado y a las potenciales interacciones con la comunidad aérea. Estos conocimientos pueden ser aplicados estratégicamente para promover el éxito de la restauración de los suelos perturbados.

Tabla 2.01. Parámetros asociados al suelo propuestos para abordar el estudio y monitoreo de programas de restauración ecológica integrales.

Parámetro	Definición	Modo de cuantificar
pH	Medida que sirve para establecer el nivel de acidez o alcalinidad de una sustancia, expresado como el logaritmo negativo de base de 10 en la actividad de iones de hidrógeno, expresado en el rango 1 a 14.	<ul style="list-style-type: none"> • pH-ímetro • Tiras indicadoras • Soluciones caseras
Conductividad eléctrica (CE)	Medida indirecta de la concentración de iones en el suelo, y por lo tanto de la salinidad. Se mide con conductímetro que permite medir la capacidad del suelo para conducir la corriente eléctrica, que varía en función de la concentración de sales en la solución del suelo, entre otros factores como la temperatura, etc.	<ul style="list-style-type: none"> • Conductímetro
Materia orgánica del suelo (MOS)	Material heterogéneo compuesto por los restos orgánicos de animales, plantas y microorganismos y sus productos de descomposición y resíntesis (humus) que aportan nutrientes, estructura y capacidad de retención de agua al suelo.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis en laboratorio (cuantitativo) • Color (cualitativo)
Nutrientes	Elementos y compuestos químicos necesarios para el crecimiento de las plantas. Según la cantidad en que estos elementos se necesitan (y no a su importancia), son clasificados en aquellos requeridos en grandes cantidades (macronutrientes, ej.: N, K, Ca, Mg, P y S) y aquellos requeridos en menores cantidades (micronutrientes, ej.: Cl, Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo y Ni).	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis en laboratorio

Tabla 2.01 (continuación). Parámetros asociados al suelo propuestos para abordar el estudio y monitoreo de programas de restauración ecológica integrales.

Parámetro	Definición	Modo de cuantificar
Textura	Proporción de distintos tamaños de partículas (arena, limo y arcilla) en la matriz del suelo. Cuando predomina la arena, el limo o la arcilla, el suelo se denomina “arenoso”, “limoso” o “arcilloso”, respectivamente. Cuando un suelo tiene una textura equilibrada (generalmente 45% de arena, 40% de limo y 15% de arcilla) se llama “franco”. Cada tipo presenta características específicas y particulares pero los francos son los que tienen las mejores condiciones tanto físicas como químicas para el desarrollo de las plantas.	<ul style="list-style-type: none"> • Observación, manipulación del suelo. • Análisis de laboratorio (granulometría)
Estructura del suelo	Ordenamiento natural de las partículas del suelo en función de su composición. Pueden clasificarse en varios tipos como granulares, en bloques, en forma de placas o columnares.	<ul style="list-style-type: none"> • Observación, manipulación del suelo.
Capacidad de retención hídrica	Facultad de un suelo para absorber, retener y ceder agua. Este parámetro está muy relacionado con la textura y la cantidad de materia orgánica del suelo.	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayos simples en laboratorio y campo • Análisis de laboratorio (ollas de presión)
Densidad aparente	Relación entre la unidad de peso y la unidad de volumen del suelo (masa/volumen). Es buen indicador de propiedades como la compactación, la aireación, porosidad y capacidad de infiltración del agua.	<ul style="list-style-type: none"> • Cuantificación sencilla.

También se propone el estudio y monitoreo de procesos más complejos asociados como:

- Mineralización de los nutrientes: transformación de los compuestos orgánicos a formas inorgánicas mediante la acción de microorganismos.
- Ciclaje de la materia orgánica (descomposición, humificación, mineralización): se inicia con la deposición de sustancias orgánicas en el suelo que luego se humifican (transformación en humus) y/o mineralizan. Parte de estas sustancias son liberadas a la atmósfera con la respiración de los microorganismos (CO_2), otra parte es incorporada a la biomasa de los microorganismos (inmovilización) y otra parte se acumula en el suelo como MOS (acumulación).
- Características y funciones de la biodiversidad del suelo: variedad de los organismos (animales y vegetales) que habitan el suelo de un ecosistema. Generalmente están adaptados a las condiciones de un suelo en particular, con características estructurales y funcionales específicas. Esta definición incluye a la comunidad microbiana y la de invertebrados del suelo, que cumplen roles diferentes pero importantes en el ecosistema.

A continuación, se proponen algunas actividades para aplicar medidas sencillas de evaluación y monitoreo del estado del suelo y aplicación de técnicas simples de restauración del suelo.

PROPUESTAS METODOLÓGICAS

Actividad 1: Evaluación del efecto protector de la materia orgánica en la germinación de especies herbáceas.

La materia orgánica en sus distintas formas (mantillo, hojarasca, compost) ejerce un efecto protector con respecto al suelo (reduce por ejemplo el impacto de las gotas de lluvia, la evaporación del agua y atenúa los cambios de temperatura) y con respecto a el banco de semillas (evitando la desecación) en los ambientes naturales y es utilizada para promover procesos de restauración. Este efecto tendrá una magnitud variable en función de las características del suelo. Se propone la siguiente experiencia para verificar este efecto.

Materiales:

- Arena
- Suelo
- Compost tamizado fino (tamizado con malla de aproximadamente 2 cm).
- Bandejas plásticas de aproximadamente 20 x 25 cm, con perforaciones en la parte inferior.
- Semillas de tamaño pequeño (ejemplo: rye grass o césped inglés).
- Regadera pequeña (adecuada para el riego de las bandejas) y agua para riego.

Procedimiento:

Rellenar la mitad de las bandejas con arena y la otra mitad con suelo. Dividir cada grupo de bandejas en dos subgrupos y cubrir uno de ellos con una fina capa de compost (1 a 2 cm), y dejar las restantes sin cobertura (Tabla 2.02). Colocar cada caja perforada sobre una rejilla o semejante de modo de impedir que se acumule el agua percolada. En la medida de lo posible se recomienda tener repeticiones de tratamientos a aplicar, para contemplar la variabilidad

en la respuesta y/o la ocurrencia de imprevistos que pueden perjudicar el desarrollo del experimento.

Tabla 2.02. Diseño del ensayo de germinación en diferentes sustratos: combinaciones de factores para generar los tratamientos.

Factores estudiados	Con compost	Sin compost
Suelo	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Arena	Tratamiento 3	Tratamiento 4

Sembrar las bandejas (con arena o con suelo, con o sin cobertura de compost) con las semillas, registrando el número total de semillas colocadas en cada bandeja. Las semillas deben ser sembradas a una profundidad equivalente a dos veces su tamaño promedio y distribuidas homogéneamente en toda la superficie de la bandeja. Regar abundantemente en forma de lluvia (con regadera o semejante) en un primer riego hasta observar percolación (goteo desde la parte inferior de las bandejas) y colocar en un ambiente con luz y temperatura diaria templada (20-25 °C máximo). Regar día por medio con el mismo criterio todas las bandejas. La frecuencia de riego puede cambiar en función del ambiente en donde se desarrolle el ensayo (humedad ambiente, temperatura).

Observar y registrar:

- Efecto del agua de riego en la superficie de cada bandeja (ej. desplazamiento de sedimento, formación de canales, etc.)
- Número de semillas germinadas y emergidas sobre el número de semillas totales para cada bandeja.

Responder:

- ¿Cuál es el efecto del tipo de sustrato sobre comportamiento del agua de riego? ¿Qué ocurre cuando se agrega compost en cada caso?

b) ¿Qué efecto tiene el compost sobre la germinación y/o emergencia de las plántulas en cada caso?

Concluir:

Describir cuáles pueden ser los beneficios de aplicar compost en los procesos de restauración ecológica. Discutir si su aplicación funcionaría igual en todos los tipos de suelos.

Actividad 2: Evaluación de efecto de la cobertura vegetal sobre la erosión hídrica del suelo.

La cobertura vegetal reduce fuertemente el impacto de la gota de lluvia sobre el suelo, protegiendo su estructura y evitando la generación de escurrimientos, el arrastre de partículas y con ello minimizando los procesos de erosión hídrica. La cobertura vegetal favorece además el ingreso de agua al perfil de suelo, asegurando que el agua de la lluvia sea acumulada en el mismo y pueda ser utilizada por las plantas. La restauración de la cobertura vegetal es entonces un proceso fundamental en la recuperación de ambientes degradados. Esto puede comprobarse en una sencilla experiencia.

Materiales:

- 2 cajones de aproximadamente 70 x 30 cm y 20 cm de profundidad
- Suelo
- Placa blanca de 40 x 30 cm.
- Placa de 30 x 20 cm
- Material de relleno (puede ser telgopor o similar)
- Pan de césped o similar de 35 x 40 cm.
- Regadera fina y agua para riego.

Procedimiento:

Se implementarán cajones que representan sistemas naturales que constituyen modelos demostrativos de la relación suelo y vegetación.

Cajón vegetado: Con la placa de 30 x 20 cm dividir el cajón por la mitad con un tabique (Figura 2.03.A). Rellenar una de las dos partes con suelo y colocar en la superficie el pan de césped (Figura 2.03.B). Completar la mitad restante del cajón con material de relleno (puede ser telgopor, papel, etc.) sobre el cual se colocará una placa blanca (Figura 2.03.C). Procurar que 5 cm de la placa quede en contacto con en el suelo de la otra mitad de modo de recoger el material que se desplace desde ese sector (Figura 2.03.C). Colocar el cajón inclinado, con la zona vegetada más elevada (Figura 2.03).

Cajón no vegetado: repetir el procedimiento para el cajón vegetado, excepto que no se colocará el pan de césped sino que se completará con suelo hasta superficie (Figura 2.03.D y 2.03.E).

Simulación de erosión hídrica: regar con regadera sobre el sector más elevado, que contiene el suelo.

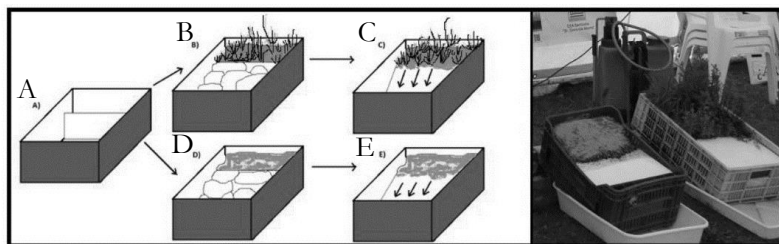


Figura 2.03. A la izquierda, esquema de pasos para construir el dispositivo casero para evaluar el efecto de la cobertura vegetal sobre la erosión hídrica del suelo. A la derecha, fotografía del dispositivo ya fabricado.

Observar y registrar:

- 1) ¿Qué ocurre con el agua del riego en cada cajón?
- 2) ¿Qué ocurre con la superficie del suelo en cada cajón?
- 3) ¿Qué se observa en cada caso sobre la placa blanca?

Responder:

- 1) ¿Cuál es el efecto de la cobertura vegetal sobre la protección del suelo?
- 2) ¿Qué horizonte es el que más se afecta en este proceso y qué significa eso en términos cuantitativos y cualitativos respecto a la pérdida de suelo?

Concluir:

Describir cuáles pueden ser los beneficios sobre el suelo de reestablecer la cobertura vegetal en los procesos de restauración ecológica

Actividad 3: Efecto de la salinidad del suelo sobre la germinación de las plantas

La salinidad del suelo ejerce un efecto sobre el agua del suelo similar a la desecación, lo que implica una reducción de disponibilidad de agua para las plantas (efecto osmótico). Estos efectos pueden ser significativos en diferentes etapas del desarrollo de las plantas pero en especial en la germinación, en donde se requiere que la semilla se embeba adecuadamente para asegurar que la misma sea exitosa. La salinización se puede generar como consecuencia de diferentes actividades antrópicas que resultan en la acumulación de sales en el perfil del suelo. La restauración de suelos salinos puede realizarse mediante el lavado de las mismas, para lo que se necesita contar con agua de buena calidad, es decir con bajo contenido de sales. Comprobaremos eso con una sencilla experiencia.

Materiales:

- Macetas perforadas
- Mezcla de arena y turba o compost en igual proporción
- Sal de cocina (cloruro de sodio o NaCl).
- Semillas

Procedimiento:

Llenar las macetas con la mezcla. A un tercio de ellas rotularlas con la indicación de “control”, al segundo tercio con la indicación “suelo salino+solución salina” y al tercer tercio con la indicación “suelo salino+agua”.

Preparar una solución salina, diluyendo aproximadamente 20 g de sal por cada litro de agua.

Regar día por medio las macetas rotuladas como “control” con abundante agua solamente, y a los otros dos grupos con la solución salina, durante una semana. Dejar orear. Pasada la semana de riego, sembrar en cada maceta un número definido de semillas a la profundidad adecuada. A partir de la siembra, las macetas rotuladas como “control” se regarán con agua solamente, las rotuladas con “suelo salino+solución salina” se continuarán regando con la solución preparada y las rotuladas como “suelo salino+agua” se las comenzará a regar con agua solamente.

Disponer en un ambiente templado hasta observar emergencia de plántulas. Repetir el riego del mismo modo si es necesario.

Observar y registrar:

- 1) ¿Qué ocurre con la germinación en cada caso?

Responder:

- 1) ¿Cuál es el efecto de las sales en el suelo sobre el porcentaje de germinación (número de semillas germinadas/número de semillas totales)?
- 2) ¿Qué efecto puede tener el lavado de las sales presentes en la maceta con agua de buena calidad?

Concluir:

Describir cómo afecta la presencia de sales en el suelo a la disponibilidad de agua para las plantas y qué efecto puede lograrse con el lavado de las sales del mismo

Actividad 4: Efecto del tamaño de partícula y humedad del suelo sobre la susceptibilidad a la erosión eólica.

La erosión eólica es el evento mediante el cual se produce la remoción del material superficial, la selección y el transporte por medio del viento (Buschiazzo y Aimar, 2003; Rostagno *et al.*, 2004). El arrastre de partículas por parte del viento dependerá fuertemente de tamaño de las mismas, de su agregación y de la condición de humedad. Una sencilla experiencia nos permitirá analizar estos factores. Es necesario tener en cuenta la clasificación por tamaño de partículas ilustrada en la Figura 2.04.

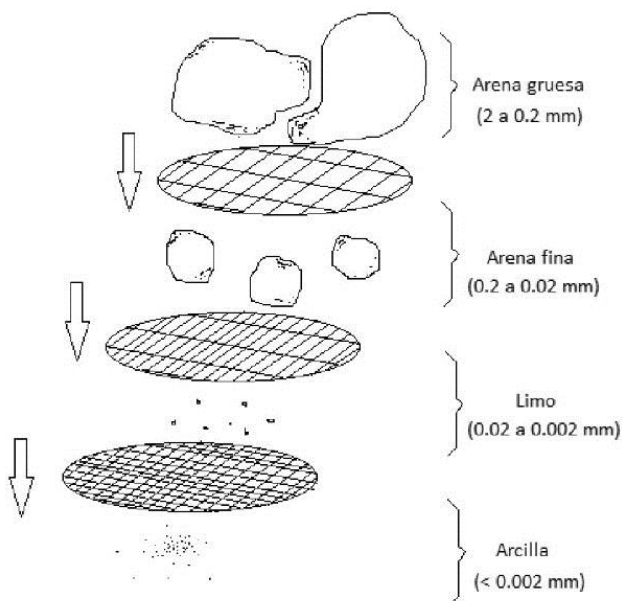


Figura 2.04. Clasificación de las partículas del suelo de acuerdo a su tamaño.

Materiales:

- Muestra de suelo: puede ser cualquier suelo pero debe estar seco al aire hasta que pierda casi toda la humedad. Se deben eliminar de las muestra todos los restos visibles de vegetación y romper los agregados más grandes con una masa o martillo.
- Papel blanco de 50 x 100 cm aproximadamente (2 unidades)
- Bandeja plástica de bordes bajos (2 unidades)
- Secador de Pelo

Procedimiento:

Colocar la muestra seca y desagregada en las bandejas plásticas. Enfrentar las mismas al ancho de las tiras de papel blanco. Humedecer el suelo de una de las bandejas con una lluvia fina (puede ser con regadera, rociador o sembradora). Acercar lentamente y desde atrás de la muestra de suelo, el secador de pelo encendido y sin temperatura de modo de generar “viento” sobre las muestras de suelo seca y húmeda (Figura 2.05). Dejar actuar por unos minutos. Observar y cuantificar lo ocurrido sobre el papel. Repetir la experiencia con el otro suelo.



Figura 2.05. Esquema de dispositivo casero para evaluar el efecto del tamaño de partícula y humedad del suelo sobre la susceptibilidad a la erosión eólica.

Repetir la experiencia, ahora doblando el papel en el sentido del ancho en forma de acordeón de modo que quede “corrugado” y estirar.

Observar y registrar:

- 1) ¿Sobre el papel blanco, qué diferencias se observan respecto al arrastre de partículas entre las muestras seca y húmeda?
- 2) En los casos en los que se haya producido arrastre de partículas ¿qué tamaño de partícula ha sido removida? Marque sobre el papel hasta dónde ha llegado cada una.
- 3) Observe si las partículas de mayor tamaño pueden desmenuzarse o no bajo la presión de los dedos (de modo de diferenciar si son partículas grandes o agregados pequeños) ¿Qué ocurrió con el papel corrugado?

Responder:

- 1) ¿Cómo influye el tamaño de partícula, la agregación y la condición de humedad en el fenómeno de erosión eólica?
¿Cómo influye el corrugado de la superficie?

Concluir:

¿Qué ambientes serán más susceptibles a sufrir procesos de erosión eólica? ¿Qué medidas de mitigación de los impactos de la misma podrían proponerse?

RIZÓSFERA Y RESTAURACIÓN, EL PAPEL DEL MUNDO SUBTERRÁNEO

Laura C. Santoni y Eugenia E. Chaia

EL MUNDO SUBTERRÁNEO

El suelo atesora un universo complejo y dinámico, poblado por una gran variedad de seres vivos, que incluye a animales invertebrados, como lombrices, pequeños gusanos, ácaros e insectos; protozoos, como amebas y paramecios; y microbios, tales como hongos y bacterias. Estos organismos contribuyen a la formación del suelo, aportando tanto a su estructura (dada por la agrupación de partículas en agregados), que es fundamental para la retención de humedad, como a su fertilidad, generada básicamente por microbios, los cuales descomponen los residuos de vegetales y animales y liberan nutrientes al suelo. Las condiciones ambientales sumamente variables a una pequeña escala en el suelo, definen micrositios que favorecen el desarrollo de los seres vivos y sus actividades (Figura 3.01) (ver capítulo 2: El rol de los suelos en la Restauración Ecológica).

Uno de los micrositios de trascendental importancia, lo constituye el ambiente que rodea a las raíces de las plantas, llamado rizósfera, donde los organismos del suelo son más abundantes y forman parte de una vasta red de interacciones entre sí y con las raíces. Este ambiente, ejerce una influencia sobre la vida de las plantas, que a su vez se extiende a las comunidades vegetales y a las funciones que de estas relaciones se desprenden (Figura 3.02).

En particular, entre las comunidades microbianas de la rizósfera, distintos grupos de bacterias y hongos pueden establecer relaciones más estrechas con las plantas, llamadas simbiosis. En estas asociaciones, los microorganismos penetran en las raíces de las plantas, generan la formación de nuevas estructuras (nódulos) y realizan intercambios de nutrientes que favorecen la subsistencia de ambos organismos asociados.

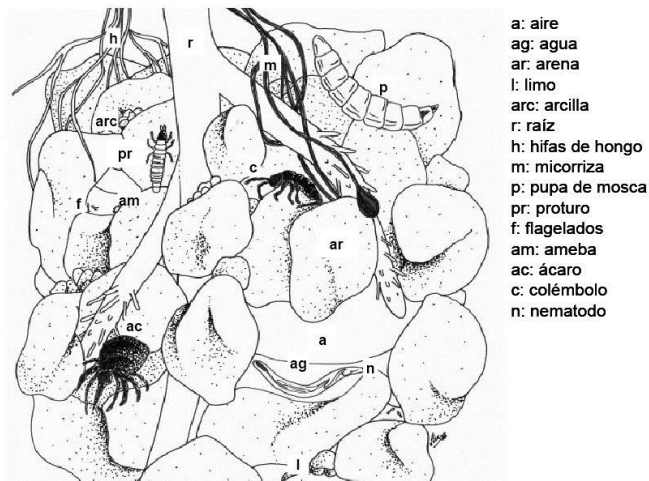


Figura 3.01. Una pequeña porción de suelo que muestra micrositios, dados por la heterogeneidad ambiental con agregados, poros con aire y agua, y algunos de los organismos que allí pueden habitar. Considérese que las bacterias, micro-organismos de alta predominancia en el suelo, no se incluyen en la representación por razones de escala (Ilustración L. Santoni).

CUANDO PENSAR EN RESTAURACIÓN ES PENSAR EN RAÍCES: EL PRIMER ÉXITO

En el capítulo anterior nos hemos detenido en el análisis del suelo, ahora lo haremos sobre otro aspecto relevante a tener en cuenta durante la restauración, que son las raíces. Dos de las intervenciones más usuales para restituir la cobertura vegetal de un ambiente son la siembra y la revegetación con especies con características funcionales particulares. La revegetación se realiza por medio del trasplante de plantines provenientes de viveros. El “éxito” de ambos

procedimientos sucede cuando una alta proporción de plantas crece y se mantiene en el tiempo (sobrevive), para lo cual en una primera etapa, es fundamental una rápida y abundante producción de raíces. En este sentido, la presencia de microorganismos adecuados en la rizósfera, que beneficien el estado nutricional y la adaptación de la planta en el ambiente, juega un papel trascendental (Figura 3.02).

Estos factores determinan la supervivencia de las plantas, es decir que “es cuestión de vida o muerte” para ellas y cuestión de éxito o fracaso para el plan de restauración.

La producción de raíces es un factor clave, y adquiere particular importancia cuanto más árida es la zona a restaurar, ya que no sólo contribuye a la atenuación del estrés que sufren las plantas durante la plantación, sino que sus efectos además se traducen y proyectan en una rápida y mayor protección para el suelo degradado que posee inestabilidad en su estructura y está altamente expuesto a la erosión por diferentes agentes.

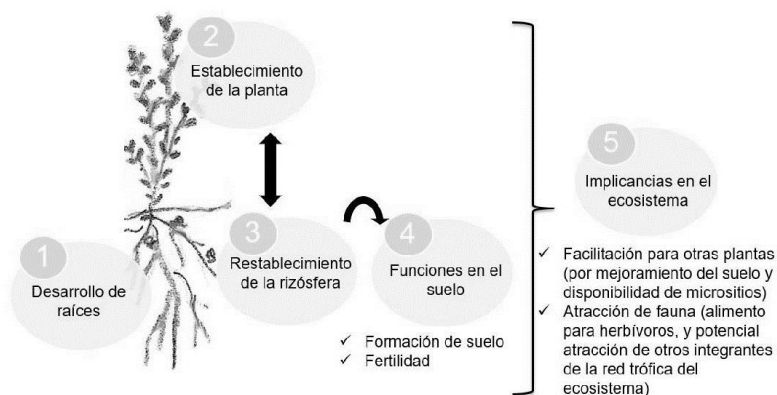


Figura 3.02. Diagrama simplificado que muestra factores asociados a la rizósfera que pueden intervenir durante un proceso de revegetación. (Ilustración L. Santoni).

El primer año de las plantas en el campo es determinante para su supervivencia, y es un buen indicador de la misma a largo plazo. Pensar en el cuidado de las raíces es esencial, por lo cual deben tomarse ciertos recaudos al efectuar una plantación. Es recomendable para evitar daños mecánicos y deshidratación de las raíces, extremar precauciones durante el transporte de las plantas, e incluso es conveniente que el trasplante se realice en horarios con menor exposición solar, o mejor aún, en días nublados (ver capítulo 7: Producción y plantación de plantas nativas para restaurar áreas degradadas).

LAS VENTAJAS DE UNA SIMBIOSIS EN LA RESTAURACIÓN

Las principales limitaciones para el desarrollo de las plantas durante el primer año en ecosistemas degradados, son la escasez de humedad, la baja o nula fertilidad del suelo y la alta radiación. A su vez, estas dificultades reducen las posibilidades de establecimiento de diferentes especies que componen las comunidades vegetales. Sin embargo, existen plantas con la increíble capacidad de crecer en suelos muy pobres, cuya principal estrategia es la asociación simbiótica con ciertos microorganismos de la rizósfera, quienes les suministran nutrientes fundamentales que no pueden ser absorbidos directamente por las raíces o que faltan en el suelo. Por su parte, las plantas proporcionan un ambiente seguro y carbohidratos producto de la fotosíntesis, que los microorganismos necesitan para su metabolismo.

Existen dos tipos de asociaciones simbióticas muy extendidas mediante las cuales las plantas pueden acceder a formas utilizables de fósforo y nitrógeno. El primer tipo, es la simbiosis micorrícica, que se forma con hongos que pueden obtener del suelo fósforo que de otro modo resulta inaccesible para las plantas.

El segundo tipo corresponde a la simbiosis rizobial y la simbiosis actinorrífica. En ambos casos, se integra con bacterias que obtienen el nitrógeno gaseoso de la atmósfera (fijación de N_2), donde es muy abundante e inaccesible para las plantas, quienes lo transforman a nitrógeno aprovechable (NH_4). Las bacterias con esta capacidad, pertenecen al grupo de los rizobios y se asocian con plantas leguminosas; o al grupo de las actinobacterias del género *Frankia* que se asocian con determinadas plantas leñosas (Figura 3.03).

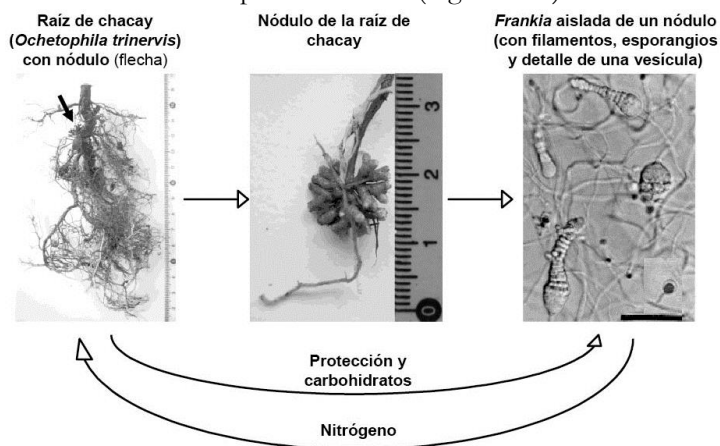


Figura 3.03. Diagrama que muestra las interacciones entre la planta y la bacteria *Frankia* en la simbiosis actinorrífica.

Las plantas capaces de formar estas simbiosis son muy útiles para programas de restauración de ambientes disturbados. En la zona de estepa y de matorrales del noroeste patagónico, crecen las especies nativas que forman simbiosis con *Frankia*, chacay (*Ochetophila trinervis* o *Discaria trinervis*) y chacaya o chacay de la cordillera (*Discaria chacaye*). Estas plantas son muy resistentes, pueden crecer en suelos pedregosos, en bordes de caminos y en otros ambientes alterados. Las hojas de estas especies son muy ricas en nitrógeno, tienen un alto valor nutritivo para los animales herbívoros que las ingieren, como así también, fertilizan al suelo cuando se descomponen (Figura 2.01). Estas características, sumadas a la presencia casi constante de *Frankia*

con capacidad de nodular en suelos de la región, confieren a estas especies un valor importante para ser utilizadas en la restauración de suelos deteriorados.

¿POR QUÉ CONSIDERAR LA VIDA SUBTERRÁNEA EN LA EDUCACIÓN AMBIENTAL?

Si bien los suelos pobres existen en la naturaleza, cuando son producto de un régimen anormal de disturbios, que en general se relacionan con actividades humanas, es necesario tomar medidas para preservarlos. Esta necesidad tiene que ver con el papel regulador del suelo, tanto como parte clave de los ecosistemas y de sus funciones, como así también de los servicios que aprovecha el hombre para cubrir sus propias necesidades. Ejemplos directos de esta situación, son la fertilidad de los campos para la producción de alimentos, la capacidad de absorber agua luego de lluvias intensas, o, la estabilidad de zonas de alta pendiente como taludes, entre muchas otras situaciones (ver capítulo 2: El rol de los suelos en la Restauración Ecológica).

Así, la degradación del suelo puede traer aparejada una serie de conflictos sociales relacionados con el desarrollo y las economías locales asociados a la disminución de la calidad de vida. En este sentido, es importante que los estudiantes conozcan y valoren el suelo como parte de nuestro ambiente y el de sus seres vivos, y sepan que pueden participar de acciones para ayudar a su conservación y/o restauración por ser un recurso del cual dependemos.

Cuando se siembra o planta como parte de una acción de restauración, se restaura también un mundo oculto a nuestros ojos, se restablecen componentes y relaciones en el suelo cercano a las raíces, que determinan el funcionamiento del ecosistema. Y en todo esto resalta el vínculo dinámico e interdependiente de suelo- raíces-microorganismos, que en una palabra, se define como rizósfera. Éste,

es un enfoque necesario para analizar múltiples problemas socioambientales que requieren medidas de restauración.

PROPUESTAS METODOLÓGICAS

Si bien las actividades que se presentan a continuación hacen foco en la rizósfera, varias de ellas se pueden complementar con las actividades propuestas en el capítulo anterior sobre el análisis del suelo.

Actividad 1: Introducción al mundo de la rizósfera

Esta actividad pretende que los alumnos conceptualicen este ecosistema no tan presente en el saber sobre el mundo viviente. Para ello, se propone formar pequeños grupos de alumnos, tomar plantines de vivero, del patio de la escuela o de una zona natural aledaña, y desarmar el pan de tierra sobre bandejas, separando las raíces y observando la fauna a simple vista y con lupas. Se puede intentar reconocer los animalitos que se observen utilizando claves dicotómicas sencillas. La idea es trabajar las preguntas: ¿Quiénes viven junto a las raíces?, ¿Hay algún indicador en su forma o en sus estructuras que nos permita conocer qué funciones cumplen?, ¿Qué dice al respecto la bibliografía sobre estos organismos?

Actividad 2: Los microorganismos de la rizósfera

Se propone indagar acerca de las formas de vida asociadas a las raíces, con énfasis en organismos que no se observan a simple vista. Se pueden cultivar microorganismos en medios de cultivo sencillos de la siguiente manera:

- 1) Hervir frascos de vidrio de boca ancha y sus tapas (o placas de Petri si se dispone de ellas);
- 2) Preparar el medio de cultivo (se muestran dos ejemplos de medios sencillos):

- a: Hervir 400 mL de agua en un recipiente, añadir 7 gr de gelatina sin sabor mezclando hasta disolverla y luego añadir 1 cucharada de azúcar (5 gr);
- b: Preparar un extracto de suelo hirviendo partes iguales de agua con suelo, removiendo constantemente durante 30 min. Luego filtrar con una tela para separar el líquido resultante y agregar 50 mL del mismo a 350 mL de agua. Hervir la mezcla obtenida y agregar la gelatina sin sabor y el azúcar, del mismo modo que lo indicado en la opción anterior;
- 3) Verter la disolución de gelatina en los frascos (recién hervidos y aun calientes) y cerrarlos con sus tapas;
- 4) Dejar enfriar hasta que solidifique la gelatina. Sobre los medios de cultivo luego se procederá a realizar un estampado de pequeños trozos de raíz (que serán retirados inmediatamente). También se pueden depositar algunas partículas de suelo. Se incubarán los frascos en condiciones de cultivo, esto es, cerrados en un lugar cálido y estable durante una semana.

Observar qué sucede en los frascos cada dos días. Con esto, se podrá registrar la aparición de colonias (grupos de muchos microorganismos) de bacterias y hongos de aspectos variados (formas, tamaños y colores). Al inicio de esta experiencia, es de suma importancia considerar que para manipular los frascos con microorganismos se deben discutir con alumnos las condiciones de bioseguridad a implementar, ya que al tratarse de cultivos microbianos se desconoce si pueden existir organismos patógenos. Asimismo, luego de finalizado el experimento, debe tratarse el modo de descarte del material, el que debe ser esterilizado o desinfectado sumergiéndolo en lavandina al 10% durante 30 minutos.

Actividad 3: El crecimiento de las raíces

Esta actividad busca profundizar la percepción de las raíces y la rizósfera como parte de un organismo vivo y como ecosistema dinámico, respectivamente. Para esto, se puede sembrar pasto de

rápido crecimiento en una maceta que se mantendrá dentro del aula. Para poder observar y realizar un seguimiento del crecimiento de las raíces, es posible utilizar una maceta con una de sus caras laterales transparente, la cual se deberá construir en forma artesanal. Para que la observación sea óptima, se recomienda mantener la maceta de forma inclinada (alrededor de 40°), quedando la cara transparente hacia abajo (de esta forma las raíces crecerán contra esta cara debido a su geotropismo positivo). Hasta que las plantas alcancen un tamaño considerable, se puede destapar la maceta con frecuencia y realizar observaciones de las raíces. Un cuidado fundamental es mantener la cara transparente de la maceta cubierta con una tela oscura hasta el momento de la observación, porque la luz afecta el crecimiento de las raíces (fototropismo negativo).

Actividad 4: El papel del suelo en el crecimiento de las raíces

En relación a la actividad anterior, se propone incluir otro factor al análisis: el suelo. Se puede utilizar el mismo diseño que el experimento expuesto previamente, pero en macetas con diferentes tipos de suelo. Por ejemplo, se puede usar una maceta con suelo arenoso y otra con suelo arenoso + humus. Con este ensayo, se puede comparar y observar directamente el crecimiento de raíces en dos medios distintos, uno pobre en nutrientes (control) y otro rico, respectivamente.

Actividad 5: Simbiosis en las raíces: observación de nódulos

Se propone indagar sobre la simbiosis a través de la observación de nódulos de raíces de plantas actinorrhizas o de leguminosas, como por ejemplo en chacay y/o vicia, respectivamente. Estas son plantas accesibles en viveros, o se pueden desenterrar plantas pequeñas del campo o jardín. Se sugiere limpiar las raíces en bandejas sobre los bancos y utilizar lupas simples para observar los nódulos, trabajando la idea de cómo las raíces son hábitat, al alojar microorganismos beneficiosos en estas estructuras; y enfatizando la relación simbiótica

que se establece entre ambos organismos a través de la observación de material concreto.

Actividad 6: Casos de estudio

Aplicar los nuevos conceptos a un caso concreto de análisis puede resultar de sumo provecho para el aprendizaje. Se propone relatar el caso de un incendio, o buscar relatos en los medios periodísticos de tales sucesos en la región, y plantear preguntas como: ¿Conocemos algún lugar donde haya ocurrido un incendio?, ¿Cómo se ve el lugar?, ¿Qué cambió?. A continuación, se busca re-enfocar el análisis e imaginar qué ocurre bajo el suelo en un disturbio como el fuego, a través de preguntas como: ¿Qué pasará en el suelo durante y luego del incendio con las raíces y comunidades asociadas?, ¿Qué se podría hacer para revertir los efectos negativos de un incendio?, ¿Qué características deberían tener las plantas para que sobrevivan y cubran rápidamente el suelo?, ¿Se tomó alguna medida de restauración en los casos encontrados?

Actividad 7: Proyecto de restauración en la escuela

Otra forma de aplicar los nuevos conceptos puede ser la elaboración y aplicación de un proyecto de restauración a pequeña escala. Para ello, primero se debe identificar algún lugar donde se observen signos de degradación del suelo (pocas plantas, erosión, etc.), que puede ser dentro de la escuela o el barrio u otro sitio de interés. Luego, se puede reflexionar acerca del estado del lugar (diagnóstico), lo cual permitirá discutir y proponer medidas para recuperarlo (restauración). Por ejemplo, se pueden trasplantar plantines de especies adecuadas (rápido crecimiento, amplia cobertura, simbiosis con microorganismos, etc.) y cuidar su establecimiento con riego, etc. También, los alumnos pueden confeccionar carteles con los nombres de las plantas utilizadas, y otro con una breve reseña de la actividad para darla a conocer a los otros miembros de la institución.

RESTAURAR SEGÚN CÓMO FUNCIONAN LAS PLANTAS

Cecilia I. Nuñez

La respuesta a por qué ciertas especies prosperan en determinados ambientes y no en otros o, visto de otra manera, por qué en determinados ambientes encontramos sólo ciertos grupos de plantas, tiene que ver con su funcionamiento, o sea con la ecofisiología vegetal.

Un disturbio implica, entre otros aspectos, la remoción o eliminación de biomasa, básicamente de plantas. Cuando esto ocurre, se alteran factores fundamentales tales como la calidad y cantidad de luz, la disponibilidad de agua, las variaciones de temperatura, la disponibilidad de nutrientes, las características del suelo y muchas interacciones bióticas. En un contexto de acciones de restauración es importante conocer cómo esto afecta la fisiología de los organismos.

Las plantas tienen numerosas estrategias para maximizar la captura de recursos, que luego asignarán a funciones vitales como el crecimiento o la reproducción. En este sentido, es importante conocer -y saber diferenciar- los conceptos de “adaptación” y de “aclimatación” que, en el lenguaje coloquial, suelen confundirse. El término adaptación hace referencia a las características que tiene una especie en relación al ambiente en el cual evolucionó, por ejemplo, los cactus están adaptados a condiciones de aridez e intensa radiación solar, mientras que una planta del sotobosque de una selva, está adaptada a condiciones de mucha humedad y poca disponibilidad de luz. Por otra parte, la aclimatación se refiere a que una misma especie, dentro de ciertos límites, puede variar su morfología y su fisiología para optimizar su desarrollo en condiciones ambientales diferentes. Por ejemplo, para una misma especie, los individuos que crecen a la sombra serán más altos que los que han crecido al sol, en un esfuerzo de la planta por alcanzar la luz. Cuánto puede variar una misma especie depende de su plasticidad fenotípica. Un ejemplo de una

especie muy plástica, es la hierba exótica conocida como “diente de león” (*Taraxacum officinale*), que en sitios soleados y secos es pequeña y robusta, mientras que en lugar sombríos y húmedos crece alta y con grandes hojas.

El grado de plasticidad de una especie se observa principalmente en las características de las hojas. No todas las hojas son iguales, pues varían a fin de provechar lo máximo posible el lugar donde les tocó crecer.

LA LUZ

Las plantas, al ser organismos autótrofos, utilizan la energía de la luz para sintetizar hidratos de carbono (azúcares) a partir de moléculas de dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O) y otros elementos inorgánicos en un proceso denominado fotosíntesis.

La fotosíntesis es un proceso complejo que tiene dos etapas, la primera de captación de la energía de la luz y la segunda de fijación de moléculas de CO_2 . La captación de energía lumínica se logra gracias a la clorofila (o clorofilas, pues hay más de un tipo) junto a otros pigmentos accesorios, como los carotenoides y las xantofilas. La cantidad y combinación de estos pigmentos les “da” color a las hojas, verde oscuro, verde pálido, rojizos, amarillo, etc. y determina qué “tipo” de luz pueden aprovechar.

El tipo de luz que llega a cada hoja y su intensidad varía mucho según el lugar que ocupe respecto de otras hojas (tanto de la misma planta como de sus vecinas). Las características de las hojas, entonces, determinará cuánta energía podrán captar. Por ejemplo, para una misma especie, las hojas que han crecido a la sombra tienden a tener mayor superficie y ser menos robustas que las que crecen al sol. Las características bioquímicas del sistema fotosintético también varían entre hojas “de luz” y hojas “de sombra”, esto implica que el modificar bruscamente las condiciones en las que ha crecido una planta (pasando de la luz a la sombra o lo opuesto) puede hacer que

las hojas se deterioren y mueran, tanto por exceso como por falta de luz; si la planta no tiene suficientes reservas como para reemplazarlas, no sobrevivirá.

Uno de los desafíos que surgen en los proyectos de restauración, suele ser que las plantas están expuestas a una muy alta luminosidad. Si las hojas no tienen las características adecuadas, el exceso de luz desencadenará procesos de fotoinhibición afectando o dañando el sistema fotosintético, lo que puede causar la muerte de las hojas y, como se mencionó, si la planta no tiene las reservas suficientes para producir hojas nuevas, adecuadas a la alta irradiación, la planta no sobrevivirá. Esto puede ocurrir si se trasplantan plantas muy jóvenes, que generalmente son más sensibles, o si se utilizan ejemplares que no fueron adecuadamente aclimatados (mientras aún estaban en un vivero) a altas irradiaciones de luz. Otro caso es cuando se elige la especie equivocada, o sea, una especie que no está adaptada a altas irradiaciones de luz; esto puede ser porque es propia de otro ambiente, o bien, una especie que típicamente aparece tardíamente en los estadios de sucesión ecológica, o sea, una vez que ya hay otras especies que “dan sombra”. Por otra parte, como se verá más adelante en el texto, las altas irradiaciones de luz representan un excelente recurso para muchas especies exóticas adaptadas a lugares abiertos o denudados, por lo que en muchos casos colonizan rápidamente el sitio a restaurar, compitiendo con las especies nativas que podrían crecer naturalmente (la restauración pasiva se verá comprometida) o con las que se trasplanten (la restauración activa se verá comprometida).

EL AGUA

Las plantas adquieren el CO₂ necesario para la fotosíntesis abriendo sus estomas. El gran desafío es que, al abrirlos pierden agua pues el aire (salvo en ciertas y poco frecuentes condiciones ambientales) siempre está mucho (MUCHO) más seco que el

mesófilo foliar. Si bien esto podría verse como algo negativo, éste es el “motor” que permite movilizar el agua dentro de la planta. Esto ocurre gracias a una particular propiedad de las moléculas de agua que se unen unas a otras como en una cadena (gracias a la denominada “fuerza por puente de hidrógeno”). Este flujo de agua desde el suelo hacia la atmósfera se mantiene mientras los estomas estén abiertos y mientras haya agua en el suelo. Cuando se agota la provisión de agua en el suelo, las plantas recurren a diferentes estrategias para evitar secarse.

ALGUNAS ESTRATEGIAS PARA ABORDAR LOS PROBLEMAS DE FALTA DE AGUA

Las hojas tienen una cutícula -que puede ser gruesa- que evita que el agua se pierda por la superficie de la hoja, también pueden tener una capa de cera, que refuerza la impermeabilización. En la mayoría de las plantas, los estomas están sólo en la cara inferior de las hojas y en muchos casos, también están protegidos por tricomas o pelos, o bien en cavidades, que reducen aún más el flujo de agua hacia el aire.

Las plantas, en mayor o menor medida, tienden a reducir la superficie de sus hojas cuando crecen en lugares secos. De hecho, las especies adaptadas a condiciones de aridez tienen hojas muy pequeñas y algunas llegan al extremo de directamente no tener hojas (tienen tallos fotosintéticos y que acumulan agua, como los cactus). Otro tipo de adaptación es el tener hojas muy gruesas y una fisiología especial (llamada CAM) asociada a que los estomas solo se abren de noche (lo opuesto a las demás plantas) lo que minimiza la pérdida de agua. El resto de las plantas -que son la gran mayoría- regulan la pérdida de agua controlando la apertura de los estomas. En algunas especies esto se limita a simplemente abrir o cerrar los estomas; otras especies, sin embargo, tienen la capacidad de regular cuan abiertos -o cerrados- están, gracias a que poseen células asociadas a los estomas con una morfología y fisiología especial. Otros procesos ocurren a

nivel celular, donde la acción de ciertas hormonas y de procesos tales como la concentración de solutos dentro de las células, minimizan la pérdida de agua y que esto afecte a los tejidos.

Al comienzo de un proyecto de restauración, la cobertura vegetal suele ser escasa o directamente inexistente y esto incrementa mucho la evaporación (pérdida) de agua, tanto del suelo, como desde las hojas de aquellas plantas que logran crecer en tales condiciones. Esto resulta particularmente perjudicial para las plantas más jóvenes o las que fueron trasplantadas sin la aclimatación adecuada. En las regiones donde los veranos son secos, este fenómeno se acrecienta y representa un desafío extra para el éxito del proyecto.

¿Y LAS RAÍCES?

En el capítulo anterior hemos analizado la relevancia que tiene las raíces en los procesos de restauración. Ahora, nos detendremos en analizar su función en la planta; además de tener la función de anclarlas al suelo, le permiten a la misma adquirir agua y nutrientes. La absorción se produce únicamente en las zonas apicales de la raíz, y a través de los pelos radicales; las raíces maduras son incapaces de absorber. Los pelos radicales son extensiones de células epidérmicas que aumentan la superficie de absorción, en plantas adultas y en época de crecimiento, estos pelos representan más del 60% de la superficie de la raíz. Son muy pequeños y extremadamente frágiles, de ahí que las plantas son muy sensibles al movimiento del suelo en su entorno (y a los trasplantes). Las raíces sólo crecen cuando el suelo está húmedo y si entran en contacto con una zona seca, el crecimiento se detiene. La compactación del suelo también afecta el desarrollo de las raíces.

La forma de sistema radicular varía según la especie y determina de dónde absorben el agua. Por ejemplo, las plantas con raíces fibrosas y superficiales aprovechan rápidamente el agua de lluvia, mientras que plantas con raíces profundas utilizan el agua de las

napas de diferentes profundidades. Muchas especies tienen una combinación de estos tipos básicos de raíces. Otras tienen raíces adaptadas para almacenar reservas, lo que les permite sobrevivir a los periodos desfavorables.

Dado que las hojas proveen a la planta de hidratos de carbono y las raíces de agua y nutrientes, la proporción entre la biomasa aérea (tallos y hojas) y la subterránea (raíces), es un buen indicador de la condición de una planta. En sitios donde el agua o los nutrientes son escasos, pero la luz es abundante, las plantas tienden a invertir más recursos (adquiridos gracias a la fotosíntesis) en desarrollar un extenso sistema radicular, que le permitirá captar más agua y nutrientes, por ende, la biomasa de raíces será mayor a las de hojas y tallos.

En este sentido, en un sitio a restaurar es probable que el agua (y posiblemente los nutrientes) sean más escasos que la luz, por lo que las plantas presentes tendrán, proporcionalmente, una mayor cantidad de raíces. Cuando se realizan acciones de restauración activa, suele suceder que los trasplantes fallan, o su crecimiento se retrasa mucho, debido a que los individuos utilizados poseen la biomasa de raíces insuficiente para el sitio en que serán plantados.

LA TEMPERATURA

Como vimos, las plantas son muy sensibles a los cambios en su entorno, realizando ajustes permanentes para maximizar su funcionamiento según las condiciones ambientales. La temperatura es un factor que afecta procesos claves como la tasa de fotosíntesis, la tasa de respiración y reacciones bioquímicas relacionadas al crecimiento y la evapotranspiración.

Como se mencionó, la fotosíntesis es un proceso de dos etapas; la segunda etapa, de fijación de las moléculas de carbono, requiere de una enzima particular llamada RuBisCO. Esta enzima es muy sensible a la temperatura y si ésta se eleva mucho, la afinidad de la enzima para

captar moléculas de CO_2 disminuye y, en consecuencia, cae la producción de hidratos de carbono (el proceso se denomina fotorrespiración pues la enzima RuBisCO “toma” moléculas de Oxígeno en vez de Carbono). Dado que esto es muy perjudicial, en climas cálidos surgieron especies con una alternativa metabólica denominada C4. En estas plantas, existe una separación física entre el sitio donde se adquiere el CO_2 , del sitio donde está presente la enzima RuBisCO, esto implica que las moléculas de carbono se acumulan en vacuolas (en forma de ácido málico y otros) y luego pasan al lugar donde actúa la enzima RuBisCO. Esto permite que la enzima solo tenga a disposición moléculas de C (y no de O_2) por lo que no ocurre fotorrespiración, lo que hace a las plantas C4, tales como los cereales, sumamente productivas en ambientes cálidos.

La amplitud térmica (diferencia entre las temperaturas máxima y mínima) tanto diaria como estacional, también afecta el desarrollo de las plantas. La cobertura vegetal modera mucho estas variaciones, tanto durante el día como a lo largo del año. Algunas especies tienen rangos de tolerancia amplios, pero aun éstas se ven perjudicadas si el rango de amplitud térmica se modifica bruscamente, como cuando ocurre un disturbio. Las altas temperaturas (además de disminuir la eficiencia de la enzima RuBisCO) contribuye a que el agua se evapore más rápido, acentuando la pérdida de agua del suelo y de las hojas. Las hojas, al evaporar agua, mantienen su temperatura más baja que el entorno (pensar en la frescura de la sombra de un árbol, en verano) pero si el agua del suelo escasea, los estomas se cierran, se pierde el efecto refrigerante de la evaporación y la temperatura de las hojas se incrementa. En casos extremos, esto causa daños severos pues las enzimas que regulan las numerosas reacciones metabólicas se dañan (se “desnaturalizan”, con relación a la temperatura, las enzimas son eficientes sólo dentro de un rango de específico, cuyo máximo, en general es menor a 45°C).

Las temperaturas también tienen efectos sobre el funcionamiento de las membranas celulares, que no sólo “contienen” a la célula, sino

que son fundamentales para regular el flujo de agua y sustancias (proteínas, aminoácidos, ácidos orgánicos, hormonas y muchos otros solutos) desde y hacia el interior de cada célula. Para que el transporte de sustancias a través de las membranas celulares sea el adecuado, deben mantener una fluidez óptima.

Los cambios de temperatura que van más allá del rango de tolerancia, tornan las membranas celulares muy fluidas a altas temperaturas, o muy rígidas a bajas y, en ambos casos, la célula deja de funcionar correctamente y puede romperse. Un buen ejemplo de esto se observa al colocar bananas en la heladera; las bananas son frutos de plantas que crecen en sitios donde las temperaturas nunca son tan bajas como las de una heladera, colocadas allí, la membrana celular se vuelve rígida, las células se rompen y esto desencadena un proceso que hace que la banana se sobremadure y se ponga “negra”. Si los cambios de temperatura son lo suficientemente graduales las plantas modifican la composición y estructura de las membranas celulares, alterando la proporción de los componentes que les dan fluidez (lípidos insaturados y de cadena corta) o rigidez (cadenas largas) para lograr un funcionamiento óptimo según las temperaturas ambientales -y dentro de ciertos rangos- según la especie.

Por otra parte, las heladas (temperaturas por debajo de 0 °C durante un tiempo más o menos prolongado) puede desencadenar la formación de cristales de hielo dentro de la célula. Dado que el hielo tiene un volumen mayor que el agua líquida, estos cristales rompen las células. Las plantas de zonas frías (y ciertos animales) tienen diversos mecanismos para evitar que los cristales de hielo crezcan o, directamente, para evitar que el agua se congele dentro de las células.

En los proyectos de restauración la falta de cobertura vegetal, como se mencionó, incrementa mucho la amplitud térmica. En verano esto implica que las -pocas- plantas presentes y el suelo desnudo se verán expuestos a temperaturas más altas que si hubiera una buena cobertura vegetal. Un suelo muy caliente, entre otros perjuicios, puede causar la muerte de plantas pequeñas. Por otra

parte, en invierno tanto plantas como suelo estarán más expuestos las bajas temperaturas y a las heladas. Si se congela el suelo, su volumen aumenta (por la presencia de hielo) y esto quiebra o arranca de raíz a las plantas pequeñas y, a veces, también a las medianas. Curiosamente, algunas plantas están adaptadas a ciclos diarios de congelamiento y poseen un tejido especializado en la base del tallo, que le otorga una cierta “elasticidad” y evitan que la planta se rompa cuando se congela la superficie del suelo.

LOS NUTRIENTES

Las plantas, además de energía lumínica, CO₂ y agua, necesitan diferentes sustancias inorgánicas que se encuentran en el suelo, tales como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y muchos otros, que, aun en cantidades ínfimas, son esenciales para el correcto funcionamiento celular.

Los disturbios afectan mucho la disponibilidad de estos recursos, pues al eliminarse la biomasa (o sea, competidores) se reduce la demanda, ergo aumenta la disponibilidad, pero también se modifica el patrón de heterogeneidad espacial de estos, o sea, pasan a estar disponibles en lugares que antes no y viceversa. No todas las especies pueden beneficiarse de esto, y sólo aquellas que los puedan aprovechar de forma rápida, prosperarán. Esto es así pues tanto la deficiencia como la sobreabundancia de nutrientes puede perjudicar el desarrollo de las plantas, ya que éstas prosperan en rangos bastante específicos de disponibilidad y en equilibrio con otros recursos, como luz y agua.

En este sentido, los proyectos de restauración se proponen, justamente, en sitios con estas características, por lo que las plantas pueden sufrir la escasez o la sobreabundancia de ciertos nutrientes o una inadecuada proporción de éstos. Además, puede ocurrir que el suelo haya perdido (debido al disturbio que originó la necesidad de restaurar) las características necesarias para sostener una adecuada

comunidad de los microorganismos descomponedores, involucrados en el ciclo de los nutrientes, o muchos de los que son mutualistas, como las micorrizas.

EL VIENTO

El movimiento del aire es otro factor que se altera en zonas disturbadas. La menor vegetación incrementa el flujo de aire, lo cual afecta a las plantas mediante dos mecanismos diferentes. Uno, por el efecto desecante del viento sobre las hojas al arrastrar las moléculas de agua desde los estomas y de la superficie foliar. Si bien los estomas tienden a estar protegidos, el aire en movimiento incrementa el flujo de agua en el sistema *suelo-planta-atmósfera*.

Otro efecto está relacionada al impacto mecánico sobre los tejidos de ráfagas o del viento constante. Las plantas sometidas a este tipo de acción mecánica responden (mediante la acción de ciertas fitohormonas) reforzando los tejidos en las zonas afectadas, incrementando el grosor de las paredes celulares y fibras de sostén. En casos extremos (vientos constantes y fuertes) el crecimiento se reduce, de modo que las plantas son pequeñas y robustas, muchas tienden a ser redondeadas (o “en cojín”); si el viento es en una sola dirección, crecen en un solo sentido (a sotavento), un ejemplo de esto son los llamados “árboles en bandera”.

Como se mencionó, si hay menos vegetación hay más viento y éste es otro desafío de los proyectos de restauración. La desecación y el daño a los tejidos puede retrasar mucho el crecimiento y hasta causar la muerte de plantas sensibles y, en particular, las que son trasplantadas sin una adecuada aclimatación.

EL DISTURBIO PASA, PERO NO SUS CONSECUENCIAS...

Dependiendo del tipo de disturbio, sus efectos pueden perduran por un tiempo mucho más largo que el disturbio en sí, lo que dificulta o impide el retorno a las condiciones originales que se pretende restaurar. Algunos ejemplos son:

- Alteración de la estructura del suelo, por ejemplo, sitios en lo que hubo cultivos, por la acción del arado y otras prácticas agrícolas.
- Compactación del suelo, en caminos, por pisoteo, etc.
- Sobreabundancia de nutrientes, por restos de fertilizantes.
- Suelos con restos de plaguicidas y/o exudados de raíces de los cultivos.
- Cambios en la microflora y microfauna del suelo (incluyendo micorrizas).
- Presencia de animales exóticos que alteran procesos ecológicos clave, tales como la polinización o la dispersión de semillas.
- Banco de semillas de una variedad de especies exóticas.

Estas alteraciones, algunas poco visibles, tienen efectos que pueden perdurar por años con consecuencias difíciles de revertir, pero que condicionan las trayectorias sucesionales del lugar. Muchas especies nativas no están adaptadas a los efectos provocados por disturbios antrópicos, por lo que sólo ciertas especies, en general ciertas exóticas, son las que pueden tolerar o aprovechar estas condiciones, desencadenando procesos de invasión.

EXÓTICAS E INVASIÓN

Uno de los grandes desafíos de los proyectos de restauración es evitar que el sitio en recuperación sea colonizado por especies exóticas invasoras. En otros casos, la restauración consiste, justamente, en la recuperación de un sitio invadido.

De hecho, se asocia a los disturbios como uno de los principales factores que favorecen la invasión de plantas. No obstante, sólo un cierto grupo de plantas tiene la fisiología adecuada para beneficiarse de las condiciones que existen en sitios así. Son especies que aprovechan la gran radiación lumínica de un sitio abierto (son intolerantes a la sombra) alcanzando tasas de fotosíntesis muy altas, para lo que requieren de un sistema fotosintético costoso, que implica un gran uso de nutrientes y altas tasa de intercambio gaseoso (o sea, de estomas abiertos que, a su vez, evaporan mucha agua). Esto les permite lograr un rápido crecimiento y tener una gran producción de semillas y frutos (alta reproducción), aspectos que suelen beneficiarlas respecto de otras especies, a las cuales excluyen. Muchas de las llamadas “malezas” son especies exóticas que tienen estas características, pues han ido evolucionado junto a los humanos, adaptándose a los disturbios que estos han producido a lo largo de los milenios, además de “aprovecharlos” (sí, a los humanos) como medio de transporte para llegar a lugares distantes.

No obstante, también hay muchas nativas que pueden colonizar sitios abiertos y para que un disturbio desencadene una invasión, debe existir una fuente de propágulos de plantas exóticas adaptadas a sobrevivir en ambientes alterados, y no todas lo están.

Aun así, como se mencionó, la presencia de exótica y su rápido crecimiento en sitios disturbados es, comúnmente, un gran desafío para los proyectos de restauración. En estos casos, según la especie y la situación, algunas exóticas podrían, eventualmente, ser aprovechadas (manejadas) para crear las condiciones adecuadas para que las nativas puedan prosperar.

PROPUESTAS Y CONSEJOS EN UN CONTEXTO DE ACCIONES DE RESTAURACIÓN

- Tener en claro el tipo de clima del lugar. Para el caso, partir de base que la región patagónica, tiene un clima del tipo “mediterráneo” que implica que la estación de lluvias (en otoño e invierno) no coincide con la de crecimiento vegetal (primavera y verano). Esto genera un gran déficit hídrico estival. En este sentido, el periodo ideal para mover plantas es en el otoño o la primavera temprana, pues hay mayor humedad en el ambiente, las plantas están fisiológicamente inactivas (o casi) y son menos sensibles a los cambios.
- Conocer y tener en cuenta el tipo de disturbio que afectó el sitio, su intensidad y aspectos, tales como el grado de compactación del suelo, presencia de contaminantes y otros factores que puedan perjudicar el crecimiento de las especies nativas que se pretende favorecer, como se mencionó en el primer capítulo (¿Qué es la Restauración Ecológica? Su relación con la educación).
- Utilizar especies adaptadas o bien, individuos adecuadamente aclimatados (esto es, que fueron sometidos a un adecuado proceso de “rustificación”), al sitio donde serán trasplantados. Si no hay opción y se utilizan, por ejemplo, especies adaptadas a la sombra, plantas muy jóvenes, o bien, no aclimatadas, deben ser protegidas del exceso de radiación lumínica y la desecación, por ejemplo, colocándolas bajo otras plantas, o con “mediasombra”, y/o en exposición sur.
- Si los trasplantes se hicieron en un año con un verano que resulta ser seco, considerar la posibilidad de aportarles algo de agua (en la medida de las posibilidades) al menos, en el periodo más crítico de sequía.

- Evitar la introducción de patógenos en el suelo de las macetas o por plantas enfermas o inadvertidamente en la suela del calzado o en herramientas sucias.
- Evitar la introducción de especies exóticas invasoras: contaminantes de las semillas, en el suelo de macetas, en la ropa, suela o cordones del calzado, etc.
- Investigar que herbívoros están presente en la zona y tomar medidas para evitar su presencia en el sitio de restauración.

PROPUESTAS METODOLÓGICAS

Actividad 1: Especies pioneras

En una recorrida a campo de un área disturbada (bordes de camino, sitios talados, sitios con remoción de suelos, incendios recientes, etc.) identificar especies pioneras nativas. ¿Cuáles rasgos de estas, podrían representar estrategias adaptativas a sitios con alta radiación y baja humedad?

Actividad 2: Especies y ambientes

Realizar observaciones en el campo y registrar la presencia de diferentes especies nativas en diferentes ambientes, tales como sitios sin disturbar (menor luminosidad, menor temperatura, mayor humedad, mayor fertilidad de suelos, etc.) y sitios disturbados (alta luminosidad, alta temperatura, baja humedad, baja fertilidad de suelos, etc.) ¿Cuáles son más comunes en cada sitio? ¿Cuáles están en ambos tipos? ¿Cambia su fisonomía? (altura, tamaño de las hojas, etc.) En función de esto, evaluar cuales especies serían más adecuadas para utilizar en un proyecto de restauración, en sus diferentes etapas.

Actividad 3: Exóticas como aliadas

No todas las especies exóticas son invasoras y muchas pueden resultar aliadas de la restauración. Relevar que especies exóticas están presentes en la zona a restaurar o sus alrededores. De estas, estas

investigar sus características y evaluar cuáles podrían ser utilizadas como “pioneras” o “nodrizas” para brindar condiciones que permitan sobrevivir a plantas nativas jóvenes o recientemente trasplantadas. Eventualmente, una vez que se logre una adecuada cobertura de nativas, las exóticas podrán ser removidas.

ALGUNAS ESPECIES NATIVAS DEL BOSQUE ANDINO-PATAGÓNICO QUE, POR SUS CARACTERÍSTICAS ECOFISIOLÓGICAS, PUEDEN PROSPERAR EN SITIOS ABIERTOS

Hierbas

- *Acaena pinnatifida* (abrojo-cadillo de la sierra, pimpinela)
- *Alstroemeria aurea* (amancay) -en sitios húmedos-
- *Mutisia spinosa* (reina mora)
- *Oenothera odorata* (don diego de la noche)
- *Phacelia secunda* (flor de la cuncuna)
- *Solidago chilensis* (fulel)
- *Vicia nigricans* (arvejilla)

Arbustos

- *Aristotelia chilensis* (maqui)
- *Berberis* sp. (michay, calafate) -según el sitio-
- *Escalonia rubra* (chapel) -en sitios húmedos-
- *Fabiana imbricata* (palopiche)
- *Mutisia* sp. (reina mora y similares)
- *Schinus patagonicus* (laura)

Árboles

- *Nothofagus dombeyi* (coihue) -sitios húmedos-
- *Maytenus boaria* (maiten) -en sitios húmedos-
- *Lomatia hirsuta* (radal) -según el sitio-
- *Austrocedrus chilensis* (ciprés) -según el sitio, requiere protección los primeros años-

¿QUIÉN CUIDA A LOS PEQUEÑOS? EL EFECTO NODRIZA EN LOS AMBIENTES DEGRADADOS

Manuel de Paz

En distintos ambientes del mundo, donde las condiciones para la instalación y el crecimiento de los seres vivos son difíciles, existen especies que mejoran las condiciones del ambiente inmediato que las rodea y de esa manera facilitan el establecimiento de otros seres vivos. Las condiciones difíciles o estresantes suelen estar relacionadas con la excesiva radiación, falta de nutrientes o de humedad y con temperaturas extremas. Las interacciones positivas, donde una especie beneficia a otra sin perjudicarse a sí misma se denomina facilitación, precisamente porque individuos de una especie le facilitan la supervivencia a individuos de otra especie, o por lo menos lo hacen en las primeras etapas de la vida de estos. Cuando esta relación es entre plantas, que constituyen los casos más estudiados, a las que ayudan a otras a establecerse y crecer se les denomina plantas nodrizas y se dice que facilitan el establecimiento de otras plantas, que se denominan plantas anodrizadas. Esta facilitación se entiende en comparación con las probabilidades de éxito que tendrían si creciesen sin la nodriza, por ejemplo en un claro sin cobertura de vegetación, o bien debajo de otras especies que no ofrecen ambientes protegidos. Los mecanismos de facilitación han sido bastante estudiados en muchos ambientes extremos, desde la tundra a los desiertos.

Las interacciones de facilitación se pueden esquematizar mediante una red de interacción de especies (Figura 5) donde se indican como rectángulos negros a las especies nodrizas, las líneas grises indican las interacciones y los rectángulos blancos representan las especies facilitadas. El tamaño de los rectángulos indica la importancia relativa de esa especie en la red de interacción y el grosor de la línea de interacción indica la magnitud de la interacción entre nodrizas y

anodrizadas. En el ejemplo que se muestra hay dos especies nodrizas (N_1 y N_2) y cinco especies anodrizadas (A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5). La especie N_1 facilita cuatro especies y la N_2 a dos especies, la especie A_4 es facilitada con igual intensidad por las dos nodrizas.

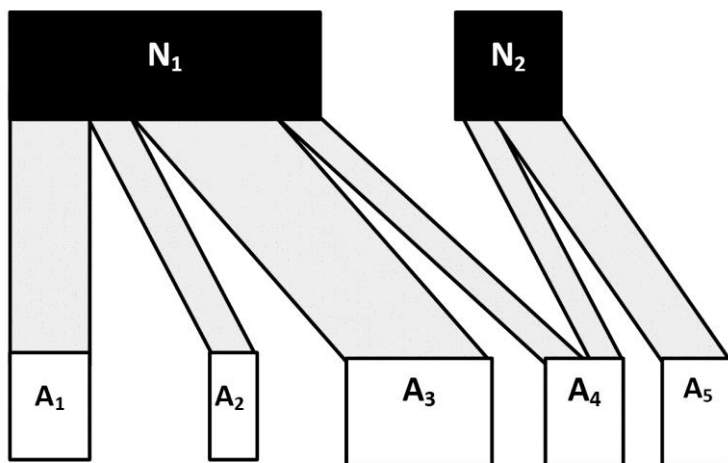


Figura 5.01. Esquema de una red de interacción de especies simplificada y modificada, onde se indican como rectángulos negros a las especies nodrizas (N_1 y N_2), las líneas grises indican las interacciones y los rectángulos blancos representan las especies anodrizadas (A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5). El tamaño de los rectángulos indica la importancia relativa de esa especie en la red de interacción y el grosor de la línea de interacción indica la magnitud de la interacción entre los nodos.

Las plantas nodrizas propician *condiciones microambientales* más apropiadas para la germinación y el desarrollo temprano de las plantas (Figura 5.02). Diversos factores entran en el juego y hacen que dichas condiciones sean diferentes debajo de un arbusto nodriza:

- Poseen un follaje que tolera la radiación solar directa, pero disminuye la radiación debajo de su copa, por lo tanto las plantas más pequeñas que se instalan bajo ellas encuentran un ambiente más protegido de radiación excesiva, que es particularmente alto en los ambientes degradados, porque faltan doseles de la vegetación que intercepten la luz.
- Los arbustos aportan materia orgánica al suelo cuando cae su follaje (mantillo) y cuando mueren, por renovación, sus raíces. Esa materia orgánica aporta nutrientes al suelo, en algunas especies de la región se encontró mayor concentración de Nitrógeno y de Carbono, por ejemplo en rosa mosqueta (*Rosa rubiginosa*) y en el abrojo plateado (*Acaena integerrima*), y de Fósforo ñire (*Nothofagus antártica*) y parrillita (*Ribes cucullatum*) debajo de ellas que en los claros. La abundancia de estos nutrientes podría mejorar el desarrollo inicial de nuevas plántulas.
- El aporte de materia orgánica al suelo colabora en la retención de agua ya que actúa como una esponja (ver capítulo 2: El rol de los suelos en la Restauración Ecológica) haciendo que se conserve mejor la humedad del mismo.
- El follaje de las nodrizas forma una “cámara” abierta que disminuye el efecto desecante del viento tanto sobre el suelo como sobre las plantas anodrizadas, sobre todo si son plantas muy jóvenes (plántulas) que aún no tiene suficientemente desarrollados sus mecanismos para regular la *evapotranspiración*.

- Además, el follaje junto con el *mantillo*, que actúa como un aislante para el suelo, atempera la amplitud térmica, reduciendo la temperatura superficial del suelo en las horas más cálidas y atenuando los descensos y eventualmente las heladas, en las horas más frías.

- Las especies nodrizas pueden formar “islas de fertilidad” (micrositios con mayor concentración de nutrientes que el área circundante) bajo su dosel, por el aporte de nutrientes al suelo que significa su hojarasca y porque en algunos casos poseen asociaciones con microorganismos que fijan el Nitrógeno atmosférico en formas que pueden ser aprovechadas por las plantas. Cabe aclarar que el Nitrógeno es uno de los nutrientes que más precisan las plantas.

- A su vez, las plantas nodrizas también sirven como “trampa de semillas”, es decir que retienen entre sus ramas y hojarasca las semillas arrastradas por el viento y el agua. Además, cuando las aves frugívoras se posan sobre los arbustos para alimentarse, depositan sus heces conteniendo las semillas de los frutos que han comido. Todo esto facilita la llegada de semillas a micrositios más seguros para su germinación.

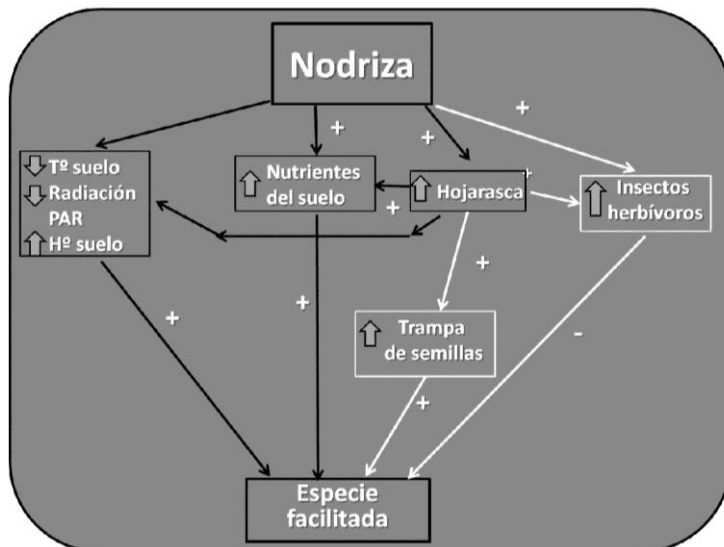


Figura 5.02. Principales efectos de las especies nodrizas sobre las especies que facilitan según la bibliografía. Los insectos herbívoros pueden tener efecto de interferencia sobre la facilitación, ya que con el incremento de la hojarasca bajo el dosel tienen más nichos para anidar y abundancia de plántulas. Las flechas y recuadros negros indican las asociaciones y variables estudiadas en esta tesis. Las flechas verdes indican el resultado neto en cada variable.

Otro fenómeno interesante que producen algunas especies leñosas nodrizas en lugares desértico es el llamado *ascenso hidráulico*, con el cual estas especies parecieran “regar” el suelo alrededor suyo. Las especies responsables de este fenómeno tienen raíces muy profundas que llegan hasta las napas y grupos de raíces muy cerca a la superficie. Durante el día toman agua de profundidad y lo utilizan para la fotosíntesis. Durante la noche, cuando ya no realizan fotosíntesis, descargan el agua a través de las raíces superficiales. Este fenómeno hace disponible una fuente de agua que de otra manera sería inalcanzable para plántulas, hierbas y pastos de raíces pequeñas y/o superficiales. El crecimiento de otras especies bajo el dosel de las

nodrizas le da algunos beneficios ya que el aumento en la cobertura del suelo produce una disminución de la temperatura superficial del mismo, reduce la evaporación del agua, el impacto de las lluvias, que aunque escasas en lugares desérticos, suelen ser torrenciales cuando ocurren y por el efecto del viento, o sea reducen la erosión debajo del arbusto nodriza.

Las nodrizas pueden ser más o menos efectivas en la facilitación a otras plantas dependiendo del grado de estrés al cual están expuestas las plántulas. Así, como regla general, cuanto mayor es el estrés, por ejemplo mayor sequía, más importante sería la facilitación. Un ejemplo podemos verlo siguiendo el gradiente decreciente de lluvias que hay de Oeste a Este en el NO de Patagonia, la facilitación sería más importante acercándonos hacia la estepa, o sea en ambientes de estepa y monte hacia el Este, que hacia el Oeste, donde predominan bosques y selva Valdiviana. Es decir que mientras más al Este estemos, mayor probabilidad tendremos de encontrar plántulas preferentemente debajo del dosel de especies leñosas árboles y arbustos. Sin embargo, en condiciones extremas de estrés, la especie nodriza deja de favorecer el crecimiento de otras especies y empieza a competir por los recursos limitantes con ellas. Estas variaciones del efecto nodriza también suelen ocurrir entre años secos y años húmedos (Tabla 5.01). En años muy húmedos las plántulas encuentran microambientes apropiados en cualquier lugar, por lo tanto la abundancia de plántulas debajo de arbustos y en claros es alta y las diferencias entre estos micrositios es muy baja. En años muy secos las condiciones son extremas para todos, el recurso agua es muy limitante y es posible que la nodriza y la anodrizada compitan, y suele irle mejor a la nodriza, que es una planta más desarrollada, con capacidad de explorar horizontes más profundos en busca de agua y con mecanismos para reducir la evapotranspiración. Por último en años intermedios, es más fácil visualizar efecto nodriza. Sin embargo, cada relación planta nodriza-planta anodrizada es particular, y algunas especies no siguen el patrón espacial y temporal mencionado.

En la región de los bosques y matorrales del NO de Patagonia varias especies nativas han sido citadas como especies nodrizas, entre las que se cuentan el espinillo negro (llaqui o manca caballo, *Colletia hystrix*), mata negra (*Discaria articulata*), chacay (*Ochetophila trinervis*), radial (*Lomatia hirsuta*) y retamo (*Diostea juncea*), y también la especie exótica rosa mosqueta.

Tabla 5.01. Total de especies facilitadas por cada especie nodriza por año en un matorrales del NO de Patagonia.

Especie leñosa nodriza		Año normal	Año seco
Retamo	<i>Diostea juncea</i>	10	8
Espino negro/Mata negra	<i>Discaria articulata</i>	11	13
Rosa mosqueta	<i>Rosa rubiginosa</i>	10	9
Ñire	<i>Nothofagus antarctica</i>	3	5
Parrillita	<i>Ribes cucullatum</i>	4	1
Cadillo	<i>Acaena integerrima</i>	4	5
Calafate	<i>Berberis microphylla</i>	11	3
Laura	<i>Schinus patagonicus</i>	10	7
Radial	<i>Lomatia hirsuta</i>	6	13
Maiten	<i>Maytenus boaria</i>	8	4

¿Y CÓMO ES LA FACILITACIÓN A NIVEL DE LA COMUNIDAD DE PLANTAS?

Las relaciones de facilitación se pueden enfocar desde la perspectiva planta nodriza-planta anodrizada, como se ha desarrollado hasta ahora en este capítulo, o bien a nivel de comunidad de plantas. Por ejemplo, en los semidesiertos de Méjico, existen unas pocas especies nodriza que facilitan el establecimiento de las plántulas de la mayoría de las especies del lugar, y por eso de las denomina *supernodrizas*, y muchas especies nodriza que facilitan pocas especies, es decir que son *especialistas*. Este patrón en las relaciones de

facilitación a nivel comunidad podría implicar que esos ambientes el aprovechamiento, uso y/o plaga que afecte a las pocas especies consideradas *supernodrizas* tendría efectos catastróficos en pérdida de biodiversidad. .

En los matorrales del NO de Patagonia conviven muchas especies leñosas, herbáceas y pastos y casi la mitad son *facilitadas* por alguna de las especies leñosas (de Paz, 2012) del mismo sitio. A nivel de comunidad se presenta un patrón diferente al mencionado en los semidesiertos, ya que la mayoría de las *nodrizas* facilitan el establecimiento y crecimiento de varias especies y cada una de estas especies, a su vez, puede ser facilitada por varias nodrizas, es decir que estas nodrizas son *generalistas*, y por lo tanto estos matorrales se caracteriza por tener una gran cantidad de especies con muchas interacciones positivas. En este sentido los matorrales del NO Patagónico serían más tolerantes a la disminución en la abundancia de las especies *nodrizas*, con menores pérdidas en la *diversidad de especies*, porque las plántulas que necesitan ser anodrizadas podrían desarrollarse debajo de otros arbustos de otras especies. Sin embargo, como esto ocurren en la mayoría pero no en la totalidad de las especies de los matorrales, la mejor estrategia de uso extractivo de estos matorrales sería utilizar un poco de cada especie, cuidando de dejar sin perturbar una porción importante de los doseles, para así garantizar la continuidad de la regeneración de este ambiente.

ESPECIES NODRIZAS Y RESTAURACIÓN

El conocimiento sobre la existencia de especies nodrizas y su funcionamiento en la región sirven como base para el desarrollo de proyectos de restauración de los bosques (Gutiérrez y Squeo, 2004). La presencia de especies leñosas de los matorrales que se comportan como nodrizas puede ser aprovechada para tener mejores resultados en plantaciones de especies nativas, porque las probabilidades de supervivencia son más altas plantando bajo el dosel de las mismas y

evitando los claros. Evaluaciones positivas del efecto nodriza en restauración han sido desarrolladas en el bosque chaqueño seco de las sierras de Córdoba, en la zona del Monte y en el NO Patagónico (Navarro Ramos *et al.*, 2017; Nuñez, 2017; Gobbi *et al.*, 2016). El conocimiento de cuáles son las mejores nodrizas es muy importante a la hora de planificar una intervención de restauración, porque algunas plantas pequeñas se ven más beneficiadas por una nodriza que por otra. Asimismo, el conocimiento de las características de los micrositios bajo las nodrizas sirve para determinar qué plantar y dónde, atendiendo a los requerimientos de las plántulas o plantines a utilizar. En algunos casos, las especies exóticas e invasoras también pueden ser buenas nodrizas, por ejemplo la rosa mosqueta, porque con sus espinas desanima la circulación de algunos herbívoros debajo de ellas y porque hace un importante aporte de nutrientes al suelo. Este resultado nos da lugar a pensar que una buena estrategia para sectores disturbados por fuego y/o ganado, e invadidos por esta especie, podría ser utilizarlos como focos de restauración de especies arbóreas (Rovere *et al.*, 2014). En tanto se desarrollen esos plantines, se podría hacer un uso de los recursos que se pueden extraer de dicha especie (aceites, frutos, dulces, briquetas, etc.) y así poder a mediano plazo no sólo frenar la invasión por esta especie, sino también poder iniciar la recuperación del bosque.

En el NO Patagónico, especialmente en las zonas de ecotono, se predicen futuros escenarios de cambio climático en los cuales se reducirán las precipitaciones y aumentarán las temperaturas (Rabassa, 2010). Este aumento en el nivel de estrés abiótico podría provocar cambios bruscos en el funcionamiento de los ecosistemas de efectos aún desconocidos.

PROPUESTA METODOLÓGICAS

Actividad: ¿Alguien está cuidando a las planta más jóvenes?

Elegir un sitio degradado. Ubicar a los arbustos e identificarlos según su nombre común y si fuera posible científico. Registrar para cada uno si es caducifolio o perennifolio y si tiene frutos carnosos o secos.

Registrar condiciones ambientales comparadas con los claros próximos:

- ¿Dónde hace más calor?,
- ¿Dónde hay más hojarasca?,
- ¿Dónde está el suelo más húmedo?,
- ¿Dónde hay más luz?

Registrar el número de plantas (abundancia) y el número de especies (riqueza de especies) que se encuentran debajo de los arbustos en una determinada superficie (por ejemplo 0,25 m²), repetir el procedimiento en un claro cercano a cada arbusto.

- ¿Dónde hay mayor abundancia de plantas, debajo de los arbustos o en los claros?,
- ¿Dónde hay mayor riqueza de especies, debajo de los arbustos o en los claros?.
- ¿Hay alguna especie exclusiva de la zona debajo de los arbustos?, ¿De algún arbusto en particular?, ¿Hay alguna especie exclusiva de la zona de claros?
- ¿Hay diferencias en abundancia o en riqueza de especies entre plantas caducifolias y perennifolias? ¿Y entre plantas de frutos carnosos y de frutos secos? Si las hay, ¿a qué pueden deberse estas diferencias?

COMPOSTAJE Y RESTAURACIÓN

Celia Tognetti

Cuando un sistema ha sido disturbado y por lo tanto ha perdido sus cualidades que los hacían sano, equilibrado y diverso, esa degradación aborda todos sus componentes, tanto bióticos como abióticos. El suelo es un componente clave en los ecosistemas terrestres, como ya se ha planteado en el Capítulo 2 (El rol de los suelos en la Restauración Ecológica) y el uso de enmiendas es uno de las herramientas utilizadas para recuperarlo.

Desde un punto de vista integral, resulta difícil hablar de restauración sin hablar de procesos que ayuden a reducir los impactos sobre la naturaleza generados por el hombre. Sabemos que uno de estos impactos es la generación de residuos domiciliarios. Estos residuos incluyen dos partes (fracciones): una orgánica, es decir que se puede degradar fácilmente en condiciones adecuadas (por ejemplo, restos de comida, yerba, hojas, ramas y papel, Figura 6.01) y otra inorgánica, que comprende plástico, vidrio, cartón, metal, etc. Si bien la composición de los residuos domiciliarios varía según el nivel de industrialización y urbanización, el nivel socioeconómico e incluso el clima de la región, la fracción orgánica siempre comprende un alto porcentaje de los mismos (40-80%). Esta fracción puede ser transformada en un producto muy útil, el compost, ya sea a nivel domiciliario o municipal, mediante el proceso de compostaje. En este capítulo, nos ocuparemos únicamente del proceso a nivel domiciliario.



Figura 6.01. Restos orgánicos provenientes de la cocina.

El **compostaje** es un proceso que involucra la descomposición biológica, aeróbica y controlada de un sustrato orgánico, el cual se transforma en materia orgánica estabilizada, denominada **compost** (Figura 6.02). La descomposición es **biológica** porque es llevada a cabo por microorganismos (bacterias, hongos, etc.) que están presentes naturalmente en los residuos orgánicos. Los microorganismos utilizan estos residuos como alimento (carbono fácilmente degradable o lábil) y, al descomponerlo, liberan agua, dióxido de carbono y calor (Figura 6.03). El calor se acumula en el sustrato (material en compostaje), elevando la temperatura, aunque a escala domiciliaria ésta generalmente no supera los 40-45 °C .



Figura 6.02. Producto final del compostaje, el compost.

La descomposición es **aeróbica**, porque los microorganismos necesitan aire, o mejor dicho oxígeno, para transformar los residuos en compost. Esto diferencia al compostaje de la putrefacción y fermentación, que pueden generar olores desagradables permanentes y, por lo tanto, suelen tener una percepción social negativa. Si bien el compost durante los primeros días de proceso, puede emitir algunos olores fuertes, dependiendo también del material que estemos compostando, los que se producen si el material se pudre o fermenta (no tiene oxígeno) son mucho peores. Más aun, pueden atraer roedores, moscas, aves carroñeras, etc., los cuales pueden ser vectores de ciertas enfermedades para el hombre y/o los animales domésticos.

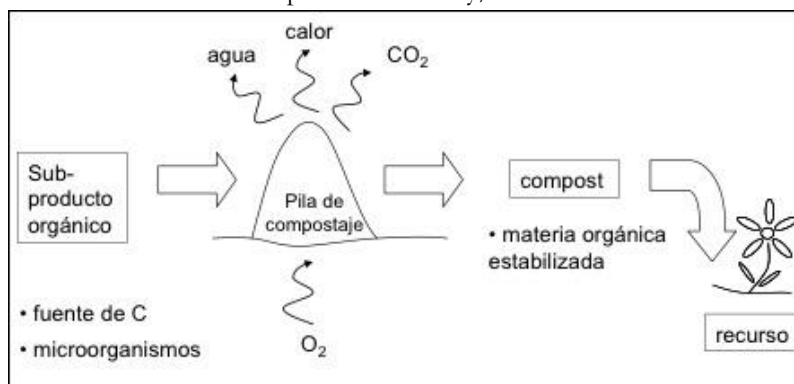


Figura 6.03. Proceso de compostaje, en el cual a partir de un sustrato orgánico se genera materia orgánica estabilizada (compost), un valioso recurso agrícola. C = Carbono.

Los microorganismos también necesitan agua para sobrevivir, pero si ésta está en exceso, dificulta la circulación de aire. En consecuencia, es de suma importancia el adecuado control de humedad durante el proceso de compostaje.

Por último, decimos que el compostaje es un proceso **controlado** porque nosotros vamos a controlar que las condiciones sean las mejores posibles para que los microorganismos degraden los residuos orgánicos. Vale la pena destacar que esto hace que el compostaje sea

un proceso intencional. La degradación ocurre naturalmente en el ambiente, pero en el proceso de compostaje el hombre interviene controlando las condiciones.

En síntesis, para que ocurra el compostaje necesitamos:

- Microorganismos: están presentes naturalmente en los residuos orgánicos que vamos a compostar.
- Residuos orgánicos: es el alimento para los microorganismos.
- Oxígeno: se obtiene del aire y es fundamental para que los microorganismos puedan realizar una degradación aeróbica de los residuos.
- Agua: la necesitan los microorganismos para sus funciones biológicas. Sin embargo, en exceso puede impedir la circulación de aire.

El producto final del proceso de compostaje, llamado **compost**, es un recurso de alto valor para ser utilizado en suelos porque mejora sus características y por ende, el crecimiento vegetal, ya sea en huertas, canteros, macetas o cuando se utiliza en restauración, como veremos en la sección siguiente. El compost mejora las propiedades químicas del suelo, ya que aporta **nutrientes** (elementos necesarios para el crecimiento de las plantas), tales como nitrógeno, fósforo y potasio. Además, a diferencia de los fertilizantes inorgánicos (que también se agregan a los suelos para aumentar su rendimiento, pero son sustancias químicas de origen sintético), libera estos nutrientes de manera lenta en el tiempo. Esto evita que los nutrientes se pierdan con el exceso de agua en el suelo, ya sea por lluvia, riego, etc.

Más allá del aporte de nutrientes, el mayor beneficio para los suelos a los que se les ha agregado compost, es la incorporación de materia orgánica muy estable, es decir de descomposición lenta. Esta materia orgánica mejora las propiedades físicas del suelo, es decir, la estabilidad de los agregados, la permeabilidad hídrica, la aireación y la retención de agua. Mejora también la calidad biológica del suelo, es decir, aumenta el crecimiento de la flora microbiana y su actividad

(respiración y mineralización de nutrientes). Estos aspectos resultan en una mejoría permanente del suelo. Por otra parte, se ha visto que la aplicación de compost también reduce la presencia de enfermedades en las plantas (Noble y Coventry, 2010). Todos estos aspectos hacen que la aplicación de compost resulte, en general, ventajosa frente al uso de fertilizantes inorgánicos.

COMPOST Y RESTAURACIÓN

La actividad del hombre afecta los diferentes elementos de los ecosistemas, como el suelo, la fauna y la vegetación. En lo que refiere a la restauración de estos elementos, en particular al suelo como base estructural de los mismos, hay muchos trabajos realizados que brindan conocimientos, metodologías y herramientas para contribuir a recuperar parte de su estructura y función.

Existen distintos disturbios antrópicos, tales como la minería a cielo abierto, la tala de bosques, la extracción de tierra negra de los bosques y los incendios, que pueden llevar a la degradación de ecosistemas. Cuando se piensa en recuperar estos sitios, hay diferentes formas en las que el uso de compost puede resultar una estrategia útil.

Se puede aplicar el compost, en superficie, a suelos de bosque degradados. Borken *et al.* (2002), mostraron que cuando se aplicó compost a este tipo de suelo, se logró un aumento en la biomasa microbiana y actividad microbiana y además aumentó la capacidad de retener agua del suelo. En un estudio similar, aunque usando enmiendas de biosólidos sin compostar, Egiarte *et al.* (2005) vieron que además el crecimiento de pinos (medido por diámetro de tronco), fue mayor en áreas con tratamientos con biosólidos que para los respectivos controles, independientemente de las dosis utilizadas.

Otra estrategia de restauración consiste en usar compost para favorecer el crecimiento vegetal de sitios degradados. Por ejemplo, Gutierrez Acevedo *et al.* (2015) aplicaron compost en distintas

proporciones a suelos degradados por la actividad de minería a cielo abierto y midieron la sucesión vegetal durante 9 meses. Observaron en las parcelas tratadas con compost una mayor diversidad inicial de especies de plantas, una mayor altura de las mismas y una mayor cobertura vegetal, aunque esta última no fue significativa. Además notaron una mejora de las características físico-químicas del suelo. Kowaljov y Mazzarino (2007) aplicaron composts de residuos domiciliarios y de biosólidos a suelos degradados por fuego y también registraron mejora significativa en la calidad química y biológica del suelo en las parcelas tratadas comparadas con las parcelas control.

Otra estrategia en proyectos de restauración es el uso de compost en sustratos para la producción de plantines de especies forestales (Varela y Basil, 2011). Por ejemplo, la utilización de compost en sustratos para el crecimiento de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) mejoró el crecimiento de las plantas, medido en diámetro, altura, biomasa aérea y radicular. Esto es una estrategia interesante, dado que muchas de las áreas a restaurar no cuentan con un banco de semillas adecuado y debe pensarse en introducir semillas o plantines para su restauración.

En resumen, el uso del compost en restauración de ecosistemas es una herramienta útil y efectiva, tanto en la inducción de la sucesión vegetal, la recuperación de la vegetación, la mejora de la calidad química, física y biológica del suelo y también en la producción de plantines que luego pueden ser usados para la reforestación de áreas degradadas.

PROPUESTAS METODOLÓGICAS

Una de las dificultades en la enseñanza de temas relacionados a la conservación del ecosistema es que los niños y jóvenes experimenten una sensación de culpa por el estilo de vida que como sociedad llevamos, acompañado de un sin-sentido de que “nada podemos hacer para cambiar la sociedad”. Por ello consideramos importante acompañar estas enseñanzas con actividades concretas mostrando que cada uno tiene la posibilidad de realizar un pequeño cambio.

En este capítulo hemos hablado por un lado del compostaje y por otro lado de los posibles usos del compost en la restauración. Ambos aspectos presentan una gran riqueza de posibilidades en cuanto a actividades para llevar al aula. Aquí algunas ideas que pueden servir como disparadoras.

Actividad 1: Compostaje en la escuela

Se pueden pensar proyectos a diferentes escalas. Se pueden realizar ensayos de degradación de sustratos orgánicos a muy pequeña escala, tan pequeña como potes de helado, o a mayores escalas, como en composteras de mayor tamaño. En este sentido es mejor realizar inicialmente proyectos menos ambiciosos que se puedan empezar y terminar durante el ciclo lectivo para evitar frustración o fracasos que puedan alimentar la sensación de sin-sentido a la que se hacía referencia anteriormente. En cuanto a sustratos, se pueden usar cáscaras y restos vegetales que traigan de las casas, o provenientes del comedor, si la escuela tiene uno. Se pueden observar los cambios a lo largo del tiempo, comparar distintos sustratos, distintas características de un mismo sustrato (por ejemplo cáscaras picadas vs. sin picar), distintas técnicas de proceso (por ejemplo con y sin lombrices, mezclando y sin mezclar, etc.). Para una guía más detallada de técnicas de compostaje, referirse a Tognetti y Labud (2012).

Actividad 2: Aplicación de compost

Hay numerosos ensayos posibles ya sea en el aula como en el patio. En el aula, podemos realizar ensayos en pequeñas macetas, usando como indicadoras plantas de poroto, lenteja, alegría del hogar, pasto, entre otras. Se pueden usar distintas proporciones de compost o comparar distintos compost. Otra vez, elijamos especies de rápido crecimiento y elijamos indicadores medibles en los tiempos y con los materiales de los cuales disponemos en la escuela (altura, número de hojas, número de flores, peso vegetal seco, etc.).

También podemos hacer ensayos simples de retención de agua, poniendo mezclas de suelo solo o suelo con diferentes cantidades de compost en embudos (o botellas de gaseosa cortadas), rociando con una cantidad determinada de agua y midiendo cuánta agua es retenida y cuanta pasa de largo.

En el patio de la escuela (si éste no es de cemento) podemos delimitar parcelas con estacas e hilo, incorporar compost a algunas de ella y a otras no y a) plantar semillas y comparar el crecimiento, cobertura, altura, etc. de las plantas o b) ver que especies crecen espontáneamente en las distintas parcelas. En el caso b), recordar discutir cómo llegaron las semillas... ¿Ya estaban? ¿Vinieron con el viento? ¿Estaban en el compost?

Es importante introducir siempre un “control”, que es la situación contra la que se compara el “tratamiento”. Por ejemplo, si queremos ver el efecto de la aplicación de compost en el crecimiento de una planta, prepararemos macetas de tierra mezclada con compost y macetas en las que no se agrega compost. Las últimas son los “controles”, no se les ha hecho nada. Así, una vez que han crecido las plantas en cada maceta, podemos evaluar el efecto del tratamiento “compost”, comparando con el crecimiento de las macetas control.

Según la edad de los niños, será importante también introducir repeticiones. Es decir, para cada tratamiento y también para los controles, se repetirá cada situación al menos tres veces. En el ejemplo anterior, habrá tres macetas sin compost y tres macetas a las

que se le agregó compost. Así, de a poco se va introduciendo la idea de rigurosidad científica, además de agregar posibilidades de profundizar el trabajo y relacionarlo con otras áreas de conocimiento. Por ejemplo, al tener tres repeticiones, podemos introducir el concepto de promedio, desviación estándar, etc.

PRODUCCIÓN Y PLANTACIÓN DE PLANTAS NATIVAS PARA RESTAURAR ÁREAS DEGRADADAS

Silvana Alzogaray

INTRODUCCIÓN

Los disturbios y las prácticas no sustentables como la tala, los incendios, el reemplazo de especies nativas por exóticas, el avance de la frontera agrícola y de la urbanización, comprometen la integridad de los ecosistemas y generan procesos difíciles de frenar como la desertificación y la pérdida de la biodiversidad.

En particular, las plantas son las más afectadas por estos fenómenos ya que no pueden trasladarse a otros lugares tal como sucede con los animales. Ellas son imprescindibles desde el punto de vista ecológico porque no sólo representan el primer eslabón de las cadenas tróficas sino que además brindan cobijo a una importante multitud de organismos. Por esto, es relevante buscar y emprender estrategias para conservar remanentes de vegetación nativa aún sin alterar, en lo posible cercanas a las zonas de los disturbios, a fin de obtener material genético (ya sean semillas o partes de plantas) con el propósito de reproducir y contar con nuevos individuos para revegetar y recuperar aquellas áreas afectadas. En este sentido, es de vital importancia respetar la procedencia de dicho material vegetal dado que sería desacertado intentar restaurar la zona alterada con plantas cuya genética sea diferente a la que existía originalmente. Al incorporar individuos de poblaciones foráneas, se agregarían “genes nuevos” a la población preexistente (Mondino y Pastorino, 2016) y como afirma Pastorino *et al.* (2015) “Podría acarrear riesgos de mala adaptación y contaminación genética, con consecuencias posiblemente irreversibles que dejaríamos como herencia a las generaciones futuras”.

A menudo, ante determinados disturbios que afectan a una región, las comunidades educativas se hacen eco de los sucesos y los

docentes planifican e incorporan contenidos relacionados para trabajarlos con sus alumnos. Estas acciones, meritorias por cierto, son capaces de propiciar en los estudiantes un espacio de reflexión y discusión que les hará tomar conciencia del impacto que causan las acciones antrópicas en la naturaleza y los incentivará en la búsqueda de diferentes soluciones que nutrirá el trabajo colectivo hacia la mitigación del impacto.

Es así que este capítulo del libro, sostenido por un marco teórico acorde a los contenidos curriculares de la Educación Media, pretende contribuir con una serie de técnicas y actividades prácticas para aprender sobre la obtención de plantas nativas con fines de restauración.

BREVES CONSIDERACIONES SOBRE LAS PLANTAS EN GENERAL

Si se desea participar de un proyecto de restauración es preciso conocer con anterioridad ciertos aspectos concernientes a las plantas en general y en particular a las que se quieren utilizar. Para esto, es relevante conocer ciertas características morfológicas: el hábito de vida (pastos, hierbas, arbustos, árboles o enredaderas), ciclo de vida (anual, bianual o perenne), tipo de follaje (perennifolio o caducifolio), y los diferentes órganos (raíz, tallo, hoja, flor, fruto) que constituyen una planta. En este sentido identificar el cuello (estructura que une la raíz con el tallo) cobra importancia para ciertas prácticas de manejo de las plantas durante su cultivo. En cuanto al tipo de reproducción, es relevante saber si las mismas se reproducen vegetativamente o no, el tipo de fruto que poseen (carnoso o seco) y las características de sus semillas. Estas últimas, según las especies, cuando son diseminadas lo hacen desprendidas de su fruto, por ejemplo el pañil (*Buddleja globosa*), retamo (*Dioscorea juncea*), junelia de hojas carnosas (*Junellia succulentifolia*), amancay (*Alstroemeria aurea*), mientras que otras lo hacen junto o pegadas al fruto, por ejemplo la lengua (*Nothofagus pumilio*), ñire (*Nothofagus antarctica*), raulí (*Nothofagus alpina*), roble pellín

(*Nothofagus obliqua*). Así mismo, se pueden clasificar a los frutos secos en dehiscentes (cuando se abren por sí solos) e indehiscentes (cuando no lo hacen).

La mayoría de los frutos secos presentan ciertas estructuras como pelitos, espinas o alitas que les facilitan su dispersión por los diferentes agentes (viento, animales, agua).

Por otro lado es imprescindible conocer, o bien investigar, los requerimientos para la germinación, crecimiento y supervivencia de esas plantas.

LOS VIVEROS: LUGARES EN DONDE SE REPRODUCEN PLANTAS

La obtención de plantas requiere de ciertas técnicas y prácticas de manejo bajo parámetros ambientales tales como la temperatura, la humedad y la luz. Los viveros se constituyen en los espacios apropiados para tal fin. Se trata de instalaciones que cuentan con áreas dedicadas a la producción de plantas propiamente dicha, entre las que se encuentran: almácigos, estaqueros, canchas de cría, invernáculos, sombráculos y otras áreas no productivas, como pueden ser: cercos perimetrales, caminos, aboneras, fuente de agua, entre otros.

Es válido aclarar que un invernadero, o también llamado invernáculo, no es sinónimo de un vivero. El primero es una construcción, recubierta de materiales transparentes, que forma parte de la estructura general de un vivero, cuyo destino es resguardar a los cultivos en condiciones más seguras que al aire libre.

En los viveros se propician los cuidados necesarios y condiciones para que las plantitas puedan alcanzar un buen desarrollo y adaptación cuando se las trasplante a su lugar definitivo. En este sentido, para programas de restauración, los viveros son piezas fundamentales para planificar y emprender la viverización de plantas acordes al ambiente en cuestión, con la suficiente resistencia y vigor de modo que alcancen la mayor sobrevivencia en el campo.

DOS MANERAS DE REPRODUCIR PLANTAS

Si bien existen varios métodos de propagación de plantas, cuando se trata de multiplicarlas con fines de restauración se deben tomar ciertos recaudos para que la misma sea exitosa.

La reproducción puede hacerse de dos formas:

- vegetativa, agámica o asexual (por estacas o trozos de tallos)
- vía sexual (por medio de semillas)

a. Multiplicación vegetativa, agámica o asexual: a partir de un trozo de vegetal, puesto bajo ciertas condiciones de temperatura y humedad, se obtienen nuevos individuos idénticos a la planta que le dio origen. Por ejemplo a partir de una estaca, es decir, un trozo de tallo, se genera una plantita completa, con raíces, ramas, hojas y demás. Esto es posible porque las células tienen toda la información genética necesaria para regenerar un organismo completo.

La multiplicación vegetativa, con respecto a la obtención de plantas por semillas, tiene la ventaja de que se pueden lograr plantitas en menor tiempo, lo que significa que la estaca “hereda” la edad de la planta madre y en ese sentido logra dar flores y frutos en corto tiempo. Aunque la desventaja sería la carencia de variabilidad genética, por tratarse de clones, es decir todas las plantas iguales. Esto acarrearía dificultades de sobrevivencia o de adaptación a los cambios ambientales. Por otra parte, las plantas obtenidas por estacas cuentan con un sistema radicular carente de la raíz primaria, siendo ésta la que les permite un buen anclaje al suelo. Probablemente ante fuertes vientos sean más susceptibles de caerse.

Los dos aspectos citados anteriormente, deberían ser contemplados en un programa de restauración. En el caso que durante el disturbio hayan desaparecido los ejemplares proveedores de semillas, se podría optar por cortar varias ramitas de muchas plantas, a fin de asegurar mayor diversidad de genes.

b. Multiplicación sexual o por semillas: se realiza a través de semillas, originadas por la unión de gametas masculinas (polen) y

femeninas (óvulos), por ello en la descendencia hay variabilidad genética, lo que significa que ningún individuo conseguido por este método será igual a otro. Las plantas obtenidas por semillas cuentan con la ventaja de haberse desarrollado en largos procesos evolutivos, a través de los cuales han podido adaptarse a cambios ambientales y colonizar áreas originalmente hostiles. Además su sistema radicular hace que puedan anclarse a mayores profundidades que las producidas a través de estacas.

Bajo este contexto se propone obtener plantas a través de semillas para una restauración ecosistémica.

EL ABC PARA LA OBTENCIÓN DE PLANTAS NATIVAS PARA RESTAURAR: PASOS A SEGUIR

Los mismos son: identificación de áreas para coleccionar semillas; registro de las fechas de fructificación; colecta de frutos/semillas; empaque; rotulado; limpieza; secado; análisis de las semillas; almacenamiento; tratamientos pre-germinativos; siembra; cuidados de los almácigos; repique; trasvase; tareas culturales; rustificación; tareas previas al traslado de las plantas; transplante y monitoreo.

1º PASO: identificación de áreas para coleccionar semillas.

Si se encontraran plantas que hayan logrado liberarse del disturbio será necesario agendar la posición geográfica y observar si son productoras de frutos y/o semillas. Contrariamente, si estuviesen dañadas, la colecta deberá hacerse de ejemplares ubicados lo más cercano posible a la zona a restaurar.

2º PASO: registro de las fechas de fructificación.

Cada especie fructifica y madura sus frutos dependiendo de las condiciones geográficas, altitud, exposición, clima, entre otras. En provincias del norte la maduración se inicia más temprano, aproximadamente en el mes de octubre, en cambio en Patagonia comienza en enero llegando hasta marzo. Por otra parte la mayoría de las especies leñosas tienen ciclos alternados de producción de semillas, es decir que pueden existir años de alta producción seguidos

de otros de baja. Es muy importante registrar estos datos ya que para el primer caso se podrían coleccionar y guardar semillas para años de escasez y de esta forma continuar con un programa más amplio de restauración.

3° PASO: colecta de frutos/semillas.

Siempre que sea posible, cosechar las semillas de varias plantas, cuyas ramas o tallos estén expuestos al sol. Las ejemplares seleccionados deberán ser sanos, vigorosos, ni muy jóvenes ni muy viejos, con presencia de renovales (individuos jóvenes) en las cercanías, señal que sus semillas son viables.

Existen diferentes métodos de cosecha y su elección dependerá de la especie, del tamaño de los ejemplares y de las estructuras reproductivas que poseen (tipo de frutos o semillas). Se recomienda que las mismas estén maduras pero que no hayan comenzado a dispersarse, es decir conviene juntarlas antes que caigan al suelo y para ello se debe planificar muy bien la cosecha. Ésta puede ser manual o con tijeras, poniendo escaleras, con ayuda de lonas/mediasombra/polietileno o del suelo.

3.a. Manual o con la ayuda de tijeras. Se coleccionan los frutos/semillas directamente de las ramas con las manos o cortando ramitas con tijeras de podar. Estos métodos son apropiados para arbustos bajos y para el caso de las especies que tienen fruto carnoso, chaucha o cápsula (Figura 1). Para especies de frutos dehiscentes, folículo por ejemplo, se pueden introducir las ramas dentro de bolsas y sacudirlas con la idea de provocar la caída de las semillas o por el contrario llevarlas al vivero para separar los frutos de las semillas.

3.b. Poniendo escaleras o escalando los troncos de los árboles. Esta tarea la debe hacer personal idóneo por el peligro que representa estar trabajando a alturas considerables, aunque es importante observar cómo se realiza (Figura 1).

3.c. Mediante lonas o mediasombra. Esta técnica es apropiada para árboles o arbustos altos desde donde generalmente se produce una caída masiva de sus semillas. Bajo los árboles, de los cuales se cosecharán, se pueden atar paños (lona, mediasombra) a las ramas o

simplemente ser sostenidos por varios voluntarios. Con la ayuda de un palo largo, envuelto en una tela para no provocar daño (Rovere, 2006), se golpean las ramas a fin de que las semillas vayan cayendo (Figura 1). Para aplicar esta técnica la cosecha debería realizarse en días sin viento porque las semillas podrían volarse, considerando que la mayoría son muy livianas.

3.d. Juntando desde el suelo. Hay especies que tienen sus ramas con espinas o muy punzantes, araucaria o pehuen (*Araucaria araucana*) por ejemplo, que dificultan la colecta. En ese caso se juntan las semillas directamente del suelo.



Figura 7.01. Colecta de frutos y/o semillas. De izquierda a derecha: recolección manual; subiendo con escalera; usando mediasombra y golpeando ramas.

4° PASO: empaque.

Los frutos y/o semillas cosechados deberán ser guardados y trasladados hasta el vivero en bolsas aireadas. Las de arpilleras o las bolsas plastilleras son adecuadas para esta tarea. También se pueden utilizar bolsas de papel, aunque se corre el riesgo de que se rompan cuando la colecta se hace en áreas de monte o estepa donde la mayoría de plantas tienen espinas.

Evitar exponer las bolsas al sol porque las semillas podrían fermentar, por acción de microorganismos, perdiendo luego su capacidad para germinar. Mantenerlas en sitios frescos y oscuros.

5° PASO: rotulado.

Desde el momento de la colecta, en cada bolsa se deberá colocar un rótulo con los siguientes datos:

Nombre vulgar:

Nombre científico:

Lugar de recolección:

Fecha de recolección:

Nombre del recolector:

Observaciones: cualquier otro dato complementario, como por ejemplo si las semillas fueron colectadas de un solo árbol o de varios, estado sanitario, entre otros.

Es de suma importancia que este rótulo permanezca en todo el proceso de cultivo de las plantas hasta el momento de la plantación.

6° PASO: limpieza.

En general cuando se realiza la cosecha de semillas también se colectan hojitas, ramitas, trocitos de líquenes, semillas de otras especies y semillas vanas o vacías de la misma especie seleccionada. Por otra parte, muchas semillas permanecen aún dentro de los frutos, de los que deben extraerse manualmente, como sucede en el notro (*Embothrium coccineum*), pañil, taro (*Senna arnottiana*), jarilla, o con ayuda de pinzas, en el caso de frutos duros como el algarrobo (*Prosopis sp.*). La limpieza consiste en extraer esas impurezas y frutos manualmente (Figura 2) y para las semillas vanas, vacías o fragmentos de ellas, se recomienda el uso de tamices de mallas de diferentes tamaños de manera de ir separando gradualmente las partículas cada vez más pequeñas (Figura 2). Al final de estos procedimientos, se tendrá una “semilla pura”, libre de semillas de otras especies y de sustancias extrañas. Para limpiar semillas recubiertas por frutos carnosos se dejan los mismos en agua varias horas a fin de que se ablande la pulpa, luego se la extra mediante masajes practicados con los dedos hasta que finalmente aparezcan las semillas (Figura 2).

Hay especies en las que no es posible separar los frutos de las semillas por estar ambos soldados, como sucede en el raulí y el coihue (*Nothofagus dombeyi*). En este caso cuando se realicen las siembras se “sembrarán frutos”.



Figura 7.02. Limpieza de semillas. De izquierda a derecha: limpieza de semillas en forma manual; con tamices; extracción de frutos carnosos.

7° PASO: secado.

Consiste en disminuir la humedad de las semillas para ser luego almacenadas o guardadas para futuras siembras. El secado se realiza disponiéndolas sobre cartones, papeles absorbentes o mallas, durante una semana aproximadamente, en un lugar bien aireado a temperatura ambiente (20°C).

8° PASO: análisis de las semillas.

Antes de guardarlas es preciso determinar la calidad de las semillas, es decir su capacidad para producir plantas. Es necesario conocer las propiedades que deben reunir los lotes de semillas de calidad, y son: genuidad, pureza, sanidad y viabilidad.

- **Genuidad:** el lote de semillas deber responder a la especie y cultivar deseado. Ejemplo: semillas de araucaria y no de otra especie.
- **Pureza:** las semillas colectadas deben estar libre de semillas extrañas, de semillas de malezas o de otras especies. Para esto hay que someterlas a una cuidadosa limpieza.
- **Sanidad:** las semillas deben estar libres de plagas (por ejemplo insectos masticadores) y de enfermedades (hongos).

- **Viabilidad:** las semillas deben ser capaces de germinar y desarrollar una plántula normal en condiciones óptimas de siembra.

Para evaluar la viabilidad de una semilla se recurre a una serie de pruebas o de ensayos. Los principales son: Ensayos de germinación; Prueba de corte y Ensayo por flotación.

a. Ensayos o Prueba de germinación: sirve para determinar la viabilidad real de una muestra de semillas, es decir qué cantidad de semillas viables se cuenta para la siembra, lográndose de esta manera mayor certeza, se ahorra tiempo y se evitan frustraciones.

Las semillas bajo condiciones controladas de Temperatura, Humedad, Luz, (dependiendo de la especie) se ponen a germinar en cámaras germinadoras.

Instructivo para determinar la capacidad germinativa del lote de semillas que se desea sembrar:

- Preparar 4 repeticiones de 100 semillas cada una (por ejemplo ciprés). Es decir 4 montoncitos de 100 semillas de ciprés.
- Embeber servilletas de papel o papel de filtro y colocarlos en el fondo de cuatro platos hondos o cajas de Petri.
- Esparcir, en forma pareja, las semillas en cada plato o cajita. Habrá 100 semillas de ciprés en cada plato o caja.
- Cubrir con otra servilleta y humedecer con un vaporizador.
- Llevar a un lugar a temperatura ambiente, tibio (20 a 22°C) y esperar a que germinen las semillas. El proceso comienza cuando se aparece la radícula (de coloración blanquecina)

Luego se cuenta el número de semillas germinadas en cada plato y se hace un promedio. De esta manera se puede estimar el porcentaje medio de semillas germinadas.

Si se conoce el peso promedio de 100 semillas, puede estimarse el número de semillas viables (germinadas) por gramo de semilla y por lo tanto cuántas plantas se conseguirán.

Se recomienda sembrar algunas de más por si ocurriera algún emergente (ataque de algún insecto, entre otros).

Aclaración: esta prueba se realiza luego de someter a las semillas a los tratamientos pre-germinativos que se explicarán en el paso N° 10.

b. Prueba del corte: es una prueba física que consiste en cortar la semilla por la mitad con un bisturí y observar el tejido de reserva (endosperma) (Figura 3). Puede suceder que el tejido se encuentre:

- blanco, firme, consistente (las semillas son viables)
- con aspecto acuoso, coloración amarronada o retraído (indica que la semilla no es viable, por lo tanto no se siembra).

Esta prueba es más sencilla realizarla con semillas de tamaño considerable (lenga, araucaria, molle) que con las pequeñas (coihue, ñire, ciprés, pañil).

c. Ensayo de flotación: a veces las semillas recolectadas resultan vanas (vacías), por lo tanto no germinarán. El ensayo de flotación consiste en colocar una muestra de semillas (unas 100) en un frasco con agua; agitarlas muy bien con la ayuda de una varilla de vidrio y dejarlas reposar durante 24 hs (Figura 3).

Al cabo de ese tiempo las semillas vacías o vanas permanecerán flotando en la superficie y las llenas en el fondo, en consecuencia se sembrarán aquéllas que se hundieron, correspondientes a las semillas llenas, es decir las potencialmente viables (Varela y Aparicio, 2011 y Varela y Arana, 2011).

Las pruebas descriptas son útiles para contar con una reserva de semillas para años de baja o nula producción y proseguir con el programa de restauración planeado.



Figura 3: Izquierda: Corte de semillas con un bisturí; derecha: prueba de flotación.

9º PASO: almacenamiento.

Luego de comprobar la viabilidad de las semillas se procede a su almacenamiento. Esto es el tiempo en el que se guardan, desde su secado hasta el momento de su siembra. Para eso se disponen en bolsas de polietileno bien cerradas o en frascos herméticos. Una forma de verificar si la semilla está bien seca es mirar si por las paredes internas de esos recipientes no hay condensación. Luego se llevan a un lugar fresco (galpón o heladera a unos 4°C), con el rótulo correspondiente. La mayoría de las semillas, si están bien almacenadas, pueden durar más de 6 años tal es el caso del ciprés de la cordillera (datos propios).

Existen semillas de algunas especies que no deben guardarse ya que requieren ser sembradas inmediatamente luego de la cosecha. Esto se debe a que son incapaces de germinar habiendo perdido la humedad. Este tipo de semillas suele ser de tamaño considerable y se denominan recalcitrantes. Ejemplos: araucaria, avellano (*Gevuina avellana*). Contrariamente, las semillas que aun perdiendo parte de la humedad no se ve afectada su capacidad germinativa se las llama ortodoxas. Ejemplos: pañil, molle (*Schinus spp*), paramela (*Adesmia boronioides*).

10° PASO: tratamientos de las semillas, previos a su siembra o tratamientos pre-germinativos: escarificación y estratificación.

Antes de definirlos es primordial aclarar algunas cuestiones para entender mejor la razón por la que deben aplicarse los tratamientos pre-germinativos.

Las semillas provenientes de plantas leñosas (árboles y arbustos), que habitan ambientes desérticos o regiones con temperaturas muy frías, poseen ciertos impedimentos para no germinar inmediatamente después de su dispersión. Es así que entran en un estado de letargo, dormición o latencia. La misma se define como una estrategia de sobrevivencia que le permite sobrevivir como una semilla hasta que se presenten las condiciones naturales, o artificiales, favorables para germinar y desarrollarse (FAO, 1991; Quiroz Marchant *et al.*, 2009).

Existen varios estados de dormancia o latencia: una relacionada con el exterior de la semilla (cubierta) y otra con su parte interna (embrión).

a. Latencia o dormancia relacionada con la cubierta de la semilla. También llamada latencia exógena, provocada por la cubierta dura de la semilla, la cual impide la entrada del agua y del oxígeno o la expansión correcta del embrión durante la germinación (Rovere, 2006). Ejemplos: taro, maitén (*Maitenus boaria*), alpataco (*Prosopis alpataco*), algarrobbillo (*Prosopis denudans*).

b. Latencia o dormancia relacionada con el interior de la semilla. También llamada latencia endógena, es propia de las semillas que poseen su embrión inmaduro o poco desarrollado, que no ha podido completarse en la etapa de maduración de las mismas.

La mayoría de las semillas de plantas leñosas poseen latencia endógena.

c. Latencia combinada. Existen especies que poseen un estado de dormancia o latencia producto de las cubiertas duras de las semillas a las que se suman los mecanismos internos del embrión; de ahí deriva ese nombre.

Antes de conocer cómo se logra “despertar” o romper la latencia o dormancia de las semillas, para que finalmente germinen, es oportuno recordar qué sucede en la naturaleza con los frutos y semillas de modo de entender mejor los tratamientos que luego se explican.

Los frutos carnosos son consumidos por los animales, en especial las aves frugívoras. Sin embargo las semillas “pasan de largo”, luego de haber atravesado por el tracto digestivo bajo la acción de los ácidos estomacales. Éstos provocan un debilitamiento o daño de la cubierta de las semillas previo a que las mismas caigan al suelo. Junto a esas semillas caerán otras, ya sea de las ramas de las plantas cercanas o trasladadas por el viento. Durante la estación fría se mantienen húmedas y cubiertas por la materia orgánica (hojitas, ramitas) del suelo de la estepa, del monte o del bosque. Allí sufren procesos de congelamiento y descongelamiento, movimientos por el agua de fusión de hielo y roce con partículas minerales. Dichos procesos provocan más debilitamiento aún. Llegado el momento en que las condiciones ambientales son propicias, las semillas que pasaron este proceso ya están listas para germinar. Estos modelos (el de romperse la cubierta naturalmente y el de permanecer cubiertas con frío y humedad) son los que se han “copiado” para hacer germinar semillas de plantas nativas y se los ha denominado escarificación y estratificación respectivamente. El grado de latencia varía de acuerdo a cada especie en particular; es muy importante conocerlo para aplicarle el tratamiento adecuado. Ambos tratamientos, llamados pre-germinativos, permiten acelerar el tiempo de germinación de las semillas y además conseguir un lote más homogéneo, o de crecimiento parejo, de los plantines (Rovere, 2006).

a. Escarificación: método utilizado para romper o adelgazar la cubierta dura de algunas semillas; se hace de diferentes maneras:

- Con elementos abrasivos: se interpone entre medio de dos papeles de lija, no demasiados gruesos, un puñadito de semillas y se las frota cuidadosamente a fin de provocarles una fisura para permitir la entrada de agua y favorecer el intercambio de gases

entre el embrión y el medio (Figura 4). Este tratamiento es muy recomendado para las semillas de paramela (Mazzoni *et al.*, 2016) y de maitén. Otra forma es provocarle a la cubierta seminal una hendidura con un pirograbador, método comprobado en las semillas de taro. En este caso en particular se requiere de un cuidado especial para no penetrar al endosperma o embrión.

- Con tratamientos térmicos: con el propósito de ablandar la cubierta de algunas semillas, se coloca un lote de las mismas en un recipiente con agua caliente, a 80°C durante unos minutos; método sugerido para las de alpataco y algarrobillo o también se ponen semillas en agua caliente, a 75°C por espacio de unos pocos minutos, y luego se agrega agua helada. Este cambio brusco provoca un shock térmico capaz de debilitar la cubierta (Figura 4). Tratamiento utilizado en las semillas de chacay (fuente propia).

b. Estratificación: este tratamiento es utilizado para “despertar” a las semillas de su dormancia interna o fisiológica, es decir al embrión (futura plantita). Consiste en poner en contacto a las semillas con materiales húmedos, con temperaturas cercanas a los 4°C. Se recomienda usar ceniza volcánica (tamaño arena) o directamente arena esterilizada (en caso no estar limpia), la cual se la coloca en una bandeja, humedeciéndola luego con agua corriente. Se mezcla muy bien con el lote de semillas seleccionado a fin de que las mismas tengan contacto con la humedad. La proporción es de aproximadamente de 2:1 (dos partes de ceniza o arena por uno de semillas). Luego se lleva a una bolsa de polietileno y se rotula, agregando a la etiqueta confeccionada con anterioridad la fecha de dicho tratamiento. Para el caso de semillas grandes (araucaria) se pueden colocar en bandejas con arena (Figura 4) y guardarse a 4°C de temperatura.

En los viveros de la Línea Sur, estepa patagónica, la estratificación se realiza en cajones con arena húmeda sostenida con paños de mediasombra sobre las cuales se disponen las semillas.

Es importante saber de antemano las fechas de siembra como para planificar los tratamientos pre-germinativos ya que una vez realizados, las semillas comenzarán a salir de su letargo y tendrán que ser sembradas. Una vez estratificadas no podrán guardarse para otro año. Cada especie requiere un tiempo de estratificación que varía entre 30, 60 y 90 días (Quiroz Marchant *et al.*, 2006).

En Patagonia generalmente los tratamientos se comienzan a mediados de julio/agosto para hacer las siembras en setiembre/octubre.



Figura 7.04: Tratamientos pre-germinativos. De Izquierda a derecha: escarificación con lija; shock térmico; estratificación con arena en una bolsita y en un recipiente respectivamente.

En la tabla 1 se detallan algunos ejemplos del tipo de tratamiento y el tiempo utilizado para romper la dormancia, exógena y endógena, producto de los ensayos realizados con semillas de especies nativas del bosque y de la estepa patagónica, durante el dictado de las asignaturas Viveros I y II de la carrera Tecnicatura en Viveros de la UNRN y en Viveros de la Línea Sur, sumadas a las experiencias de profesionales locales.

Tabla 7.01. Tratamientos pre-germinativos de algunas especies de Patagonia (bosque, estepa y monte).

Algunas especies de Patagonia	Tratamientos pregerminativos	Fuente
Arrayán (árbol) (<i>Luma apiculata</i>)	Estratificación Fria y Húmeda durante 30 días.	Viveros I 2012-2016 Tec. en Viveros –UNRN.
Chacay (árbol) (<i>Ochetophila trinervis</i>)	Shock térmico: agua caliente a 75°C y luego agua helada, seguida de una Estratificación Fria y Húmeda durante 14 días.	Viveros I 2012-2016 Tec. en Viveros –UNRN.
Ciprés de la cordillera (árbol) (<i>Austrocedrus chilensis</i>)	Estratificación Fria y Húmeda durante 45 días.	Rovere 2006 Viveros I 2011–2016 Tec. en Viveros–UNRN.
Ñire (árbol) (<i>Nothofagus antarctica</i>)	Estratificación Fria y Húmeda durante 45 días.	Rovere 2006 Viveros I 2011–2016 Tec. en Viveros –UNRN.
Araucaria (árbol) (<i>Araucaria araucana</i>)	Luego de la cosecha Estratificación Fria y Húmeda durante 90 días.	Lebed 1990 Viveros I 2012-2015 Tec en Viveros – UNRN.
Radal (árbol) (<i>Lomatia hirsuta</i>)	EFH durante 45 días.	Viveros I 2015–2016 Tec en Viveros –UNRN.
Laura (arbusto) (<i>Schinus patagonica</i>)	EFH durante 45 días.	Viveros I 2013-2016 Tec en Viveros – UNRN.
Molle (árbol o arbusto) (<i>Schinus roigii</i> y <i>Schinus odonellii</i>)	Estratificación Fria y Húmeda durante 55 a 60 días.	A. Nasif (Viveros de la Línea Sur, Comunicación personal) ENTE de la Región Sur.
Aguaribay (<i>Schinus aireira</i>)	Estratificación Fria y Húmeda durante 50 días.	A. Nasif (Viveros de la Línea Sur, Comunicación personal) ENTE de la Región Sur.
Alpataco (árbol) (<i>Prosopis alpataco</i>)	Sumergir en agua caliente a 80°C y luego una siembra directa.	A. Nasif (Viveros de la Línea Sur, Comunicación personal) ENTE de la Región Sur.
Algarrobito (arbusto) (<i>Prosopis denudans</i>)	Sumergir en agua caliente a 80°C y luego una siembra directa.	A. Nasif (Viveros de la Línea Sur, Comunicación personal) ENTE de la Región Sur.
Taro (arbusto) (<i>Senna amottiana</i>)	Escarificación con un pirograbador o cautil (soldador), provocando un agujerito pequeño y luego remojo hasta que las semillas se hinchen, luego una siembra directa.	I. Schonne, A. Ibañez (Comunicación personal; trabajo final de la materia Viveros II, 2012 Tec. en Viveros. UNRN.
Neneo macho (arbusto) (<i>Anarthrophyllum strigulipetalum</i>)	Shock térmico, exponiendo las semillas en agua caliente a 75°C y luego en agua fría.	Viveros I. 2012 Tec. en Viveros – UNRN.
Paramela (arbusto) (<i>Adesmia boronioides</i>)	Escarificación con lija seguida de siembra directa.	Mazzoni et al. 2016
Zampa (arbusto) (<i>Atriplex lampa</i>)	Estratificación Fria y Húmeda durante 40 días.	A. Nasif (Viveros de la Línea Sur, Comunicación personal) ENTE de la Región Sur.
Amancay (hierba) (<i>Alstroemeria aurea</i>)	Estratificación cálida y húmeda a 25°C, durante 19 días, seguida de una Estratificación fría y húmeda durante 27 días.	A. Iribarne 2016

11° PASO: siembra.

Una vez cumplido el plazo del tratamiento pre-germinativo correspondiente a cada especie, se procede a la siembra de las semillas. Para ello se prepara un sustrato compuesto por 40% de tierra del lugar, 40% de compost y 20% de ceniza volcánica o arena; es decir en una proporción 4:4:2. Se mezclan los materiales y se pasan por tamiz para extraer las partículas más grandes que podrían dificultar la germinación de las semillas.

El día anterior a la siembra se llena una bandeja o cajón perforado con la mezcla preparada; se alisa con un fratacho o tablita y se riega con regadera o botella perforada. Posteriormente se extraen las semillas estratificadas de la heladera y se mezclan con un poco de sustrato para facilitar la siembra. La misma se hace al voleo comenzando por un extremo de la bandeja y finalizando por el otro. Se cubre con la misma mezcla a razón de 2 veces el tamaño de la semilla, luego se comprime suavemente con el fratacho a fin de eliminar espacios de aire y las semillas tomen contacto con la humedad. La superficie debe quedar bien lisa para que el riego sea lo más parejo posible, evitándose de esta forma la formación de charquitos de agua.

Se procede al riego comenzando siempre de un extremo de la bandeja y finalizando en el otro con la botella perforada. Se rotula con etiquetas a las que se les agregará el dato de la fecha de siembra. Las bandejas se llevan a sitios protegidos, mejor si es un invernáculo, manteniendo la humedad constante. Es fundamental respetar este paso ya que es una etapa muy crítica para las semillas, dado que comienza su proceso de germinación y la falta de agua puede detenerlo irreversiblemente.

No todas las especies tienen alto poder germinativo a pesar de que se le brinden las mejores condiciones; por ejemplo: 90% en pañil y arrayán, 85% en chacay, 10 a 30% en lenga, coihue (fuente propia). En algunos viveros los almácigos se hacen directamente en el suelo. Este sistema requiere de mayores cuidados, como los son: hacer siembras más tardías para evitar las bajas temperaturas, cubrir los

almácigos en caso de riesgo de heladas, cuidar el avance de las malezas (Lebed, 1990).

12° PASO: cuidados de los almácigos.

Las plantulitas pueden comenzar a germinar al cabo de 2 a 4 semanas, dependiendo de la temperatura del recinto. Es preciso mantener la humedad y controlar las malezas para evitar competencia con las plantulitas por agua, nutrientes y luz.

Cuando comienzan a elevarse las temperaturas, se recomienda llevar el cajón bajo un sombráculo (techo hecho con media sombra). Esto simulará las condiciones de los plantines creciendo al resguardo de las plantas más grandes o nodrizas en un ambiente natural. Se dejan en el almácigo hasta entrado el otoño.

13° PASO: repique.

Consiste en trasladar las plántulas, que ya cuenten con 3 a 4 hojitas, desde la bandeja de siembra hasta una maceta o contenedor. Se sugiere hacerlo en otoño o fines del invierno dado que las plantas han detenido su crecimiento. Los contenedores pueden adquirirse en casas especializadas o reutilizar envases que tuvieron con anterioridad otro fin. Por ejemplo los sachet de leche, botellas plásticas (del mismo tamaño). Para llenarlos se preparara un sustrato compuesto por tres partes de tierra del lugar (75%) y una parte de compost (25%). Si la tierra es muy arcillosa se le puede agregar un 20 % de arena. Se tamiza la mezcla, con un tamiz de malla pequeña de modo que las raicitas puedan extenderse sin obstáculos.

Para llenar el envase se echa la mezcla hasta el borde, se toma el mismo con las dos manos sobre una mesada y se pegan tres golpecitos a fin de eliminar los espacios de aire. Como la mezcla seguramente habrá bajado, se vuelve a llenar hasta el borde de la maceta. Es conveniente regar el almácigo, que contiene los plantines, el día anterior al repique.

Al día siguiente, si ha bajado el sustrato de las macetas, se vuelven a completar hasta el borde. Realizar orificios en la parte de abajo del contenedor y en los costados cerca de la base para favorecer el drenaje del agua de riego. Con la ayuda de un plantador practicar un

orificio en cada contendor. Éste se podrá fabricar con un palo, sacándole punta en uno de los extremos.

Extraer los plantines de la bandeja con una palita pequeña e ir poniéndolos en un recipiente con agua para evitar que se deshidraten. Con una tijera de podar bien afilada cortar el extremo de las raíces a fin de estimular el desarrollo de raicillas laterales (Figura 5). Debe haber un equilibrio entre la parte aérea y el sistema radicular del plantín. Luego colocarlo en el orificio practicado, agregar un poco de tierra sin apretarlo, pegar un tironcito hacia arriba, hasta que el cuello quede al mismo nivel que el sustrato. Apretar con los dedos de modo que el plantín quede bien derecho y centrado (Figura 5). Llevar a canchas de cría y regar.

Las canchas de crías son espacios en donde las plantas permanecen en macetas desde que se las repica hasta que se las saca para llevarlas a los sitios de restauración. Se las construye de 1m a 1,20m de ancho, por un largo acorde a las dimensiones del vivero (Figura 5). No deberían superar 1,20 m de ancho, a fin de favorecer el trabajo de las tareas culturales (desmalezado, fertilización). El terreno debe estar bien nivelado. Las macetas se van colocando una al lado de la otra, optimizando de esta manera todo el espacio disponible.

Es de suma importancia mantener humedad, sobre todo en la estación más cálida.



Figura 7.05. Proceso de repique: De izquierda a derecha: poda de la raíz; repique; canchas de cría.

14º PASO: trasvase o cambio de envase.

Consiste en el cambio de maceta de un tamaño determinado a una de mayor volumen. En preciso tener muy en cuenta que las plantas cultivadas en maceta tienen dos limitantes a considerar; por un lado las raíces al estar confinadas dentro de un envase no pueden extenderse demasiado y por el otro, se les van acabando los nutrientes sin poder renovarlos. Es muy común que las raíces se enrosquen en el fondo del envase o que salgan por los orificios del mismo en búsqueda de más lugar, lo que se evita realizando un cambio de maceta por una más grande de la que tenía. Por ejemplo si se usó un sachet de leche para el repique, se puede hacer el trasvase a una maceta de 2 litros. Todo dependerá de las especies que se estén reproduciendo.

El sustrato para el trasvase se prepara colocando tierra del lugar y compost en partes iguales, es decir al 50%, lo que significa en una proporción 1:1. A menos que el mismo contenga partículas muy grandes (por ejemplo piedras) no es necesario tamizarlo ya que las raíces habrán crecido lo suficiente como para desarrollarse entre obstáculos similares con los que se encontrará en el suelo de la zona a revegetar.

Agregar sustrato en los nuevos contenedores hasta menos de la mitad. Se corta, con un bisturí, el envase de la planta a trasvasar, y se toma el terrón entre el dedo índice y medio, invirtiéndolo para extraerle en su totalidad el resto del envase. Colocarlo en la nueva maceta y agregar sustrato hasta arriba, coincidente con el cuello de la planta, dando dos golpecitos sobre la mesada a fin de que el mismo se acomode. Verificar que estén hechos los orificios y regar. Es importante el llenado completo del contenedor para evitar que se doble hacia dentro el sobrante, lo que impediría la entrada de agua de riego.

Acomodar las plantas envasadas en canchas de cría, bajo las mismas condiciones en las que estaban.

Quando se avecina el invierno conviene agregar algún material aislante sobre las macetas, puede ser paja, para amortiguar los efectos de las heladas.

15° PASO: tareas culturales.

Se denominan así a una serie de prácticas destinadas a cuidar los plantines mientras se encuentren en el vivero; son el riego, el abonado o fertilización, el desmalezado y los tratamientos preventivos contra plagas y enfermedades.

a. Riego: dependerá de las condiciones climáticas reinantes en el lugar donde esté instalado el vivero. Es importante que las plantas, luego del repique, reciban riegos diarios o cada dos a tres días. Hay que considerar que las plantas cultivadas en contenedores presentan la dificultad de que el sustrato se seca muy rápido a diferencia de lo que les proporcionaría el suelo.

b. Fertilización: también es una tarea primordial, sobre todo en las plantas en contenedores ya que los nutrientes se van agotando sin tener la plantita la posibilidad de buscarlos en el suelo. Se sugiere agregar $\frac{1}{4}$ de pala de compost tamizado en la primavera temprana, cuando la planta sale del letargo invernal.

c. Desmalezado: consiste en la eliminación de especies vegetales que no son propias del cultivo. Se trata de eliminar los “yuyos” o malezas para evitar la competencia con los plantines. Dejarlas entorpecería al resto de las tareas culturales, aparte de dificultar la extracción de las plantitas de sus macetas cuando son llevadas a los sitios de plantación.

16° PASO: tratamientos preventivos contra plagas y enfermedades.

Con el objetivo de que las plantas resistan el ataque de plagas o enfermedades, la prevención es fundamental y la misma comienza desde la cosecha de sus semillas hasta que las plantas son llevadas al campo. Es importante tomar todos los recaudos a fin de conseguir plantas de calidad, es decir fuertes y vigorosas, de modo que logren llegar a los sitios a restaurar en buen estado sanitario. De esta forma se evita el uso de plaguicidas y fungicidas químicos. El secreto es hacer un correcto manejo, lo que se logra siguiendo cuidadosamente los pasos descriptos en este capítulo.

17° PASO: rustificación.

Las plantas viverizadas, con destino a las áreas a restaurar, tendrán que enfrentarse en el campo con adversidades de todo tipo: fuertes vientos, sequías, alta irradiación, heladas, entre otras. Será entonces necesario prepararlas para que logren sobrevivir. Para ello se llevarán a sitios del vivero, similares a los de campo, a fin de que se rustifiquen. Pueden ser lugares en donde haya más sol o mayor exposición al viento. Paulatinamente se deberán ir reduciendo las frecuencias de riego. La idea es que sus tejidos se vayan endureciendo o lignificando y de esa forma lleguen más fortalecidas a los sitios de plantación.

18° PASO: procedimientos previos al traslado de las plantas al campo.

Una serie de acciones son recomendables antes de llevar las plantas a campo, tanto para optimizar su supervivencia y crecimiento como para aprovechar las experiencias y transformarlas en aprendizaje para futuras acciones.

a. Mediciones previas.

Antes de sacar las plantas del vivero conviene medir su altura a fin de evaluar en años subsiguientes si lograron crecer. La medición se realiza con la ayuda de una cinta métrica desde el cuello de la planta hasta el ápice principal, registrando los datos en una planilla.

b. Traslado de las plantas.

El día anterior a su traslado conviene que las macetas reciban un riego profundo para hidratar muy bien las raíces. Luego se acomodan en cajones, de modo que no se vuelquen durante su transporte hasta el área a revegetar. Se deberán chequear los rótulos para verificar si el lote de plantas seleccionado corresponde a la zona más cerca en donde se extrajeron las semillas. Para bajar las plantas del transporte se deberá tener cuidado de tomar los contenedores con las dos manos, nunca del tallo para evitar de este modo el descalce de las mismas plantas.

Es importante dejar también preparadas las herramientas destinadas a la plantación. Para hacer los pozos serán necesarias palas de punta o palas corazón y tijeras o bisturí para cortar los envases.

19° PASO: esquema de plantación.

En líneas generales, por un disturbio severo puede ser que el área a plantar esté desprovista de vegetación o que existan plantas sobrevivientes con capacidad de rebrote. Para el primer caso, según sean árboles o arbustos, conviene considerar su dimensión a la madurez para definir la distancia entre plantas y la forma de disponerlas, por ejemplo utilizando un diseño en cuadrículas -cuadros o rectángulos-; para el segundo caso, utilizar las plantas remanentes como nodrizas (ver capítulo 5: ¿Quién cuida a los pequeños? El efecto nodriza en los ambientes degradados), que servirán de protección contra las condiciones climáticas y de los herbívoros. Se recomienda disponerlas en la parte Este de la planta nodriza, para aprovechar el sol de mañana que es el menos desecante, y protegerlas del sol del mediodía.

20° PASO: trasplante (plantación).

El trasplante se refiere a la ubicación de las plantas en el lugar definitivo, es decir el establecimiento de las mismas en la zona a revegetar. La época más propicia para hacerlo dependerá de las condiciones climáticas reinantes en la región en donde se produjo el disturbio. Se intenta siempre que coincida con la temporada de más lluvias.

Se considerará el siguiente instructivo para plantar:

Cavar un hoyo proporcionalmente más grande al tamaño del envase, teniendo la precaución de dejar la tierra de los primeros 20 cm (más fértil) separada de la de más abajo (menos fértil). Es aún mejor si el pozo es más ancho que profundo, con forma de palangana, para favorecer el desarrollo de raíces superficiales que proveerán de agua y nutrientes a las plantas. Si algunas raíces sobresalieran del envase será necesario cortarlas.

Es importante que la maceta calce bien dentro del pozo. Luego proceder a quitarla cortando en forma vertical los laterales con la ayuda de un bisturí (Figura 6). Seguidamente tomar el terrón de raíces (cepellón) con las dos manos y colocarlo en el hoyo (Figura 6). Prestar atención a que el cuello de la planta quede al ras del suelo, por

dos razones. La primera es que si el mismo estuviera muy por debajo de la superficie, en temporadas de lluvia, con la humedad permanente en contacto con el tallo, se podrían reblandecer los tejidos, facilitando la entrada de hongos patógenos. La segunda es que si el cuello quedara por encima de la superficie, las raíces permanecerían expuestas al viento y al sol lo que provocaría la muerte de la planta. Todo dependerá de las condiciones climáticas de la región a restaurar.

A continuación rellenar con la tierra extraída del hoyo echando primero la tierra fértil (para que la planta tenga mayor disposición de nutrientes); apretar con la ayuda del puño de la mano alrededor de las raíces de modo de ir expulsando los espacios de aire (Figura 6). Posteriormente agregar la capa de tierra menos fértil y apretar suavemente, para continuar eliminando los remanentes de aire, con el objetivo de permitirle a las raíces la absorción del agua cuando lleguen las lluvias. Si bien lo aconsejable sería regar el lote plantado, generalmente se complejiza la tarea porque mayormente los sitios naturales a revegetar se encuentran muy alejados de fuentes proveedoras de agua. Una forma de ayudar a conservarla es disponer una capa de hojarasca y ramitas alrededor de cada planta, además de atenuar los efectos desecantes de la radiación solar.



Figura 7.06. De izquierda a derecha: corte del envase; incorporación de la planta; cubierta y eliminación del aire con el puño.

MONITOREO

Hacia fines de la temporada de crecimiento de la planta (fines del verano, principios de otoño), será primordial averiguar si el lote plantado se estableció con éxito en el campo, porque esto permite saber, por un lado, si las condiciones de manejo en el vivero fueron correctas y por el otro, conocer acerca de los requerimientos y la biología de la especie y planificar nueva intervenciones con mayores probabilidades de éxito. Así mismo, será relevante monitorear si hubo efectos de radiación, sequía o herbivoría (plantas consumidas por liebres, ciervos, conejos) y también realizar las nuevas mediciones de altura de cada planta para finalmente compararlas con las registradas antes de la plantación.

PROPUESTAS METODOLÓGICAS

Actividad 1: Un paseo por la zona

Ni bien comienzan las clases realizar una salida de campo a un ecosistema cercano a la escuela. Identificar las especies que podrían ser relevantes para un programa de restauración. Observar y fotografiar los diferentes tipos de frutos o semillas y los posibles agentes de dispersión. Discutir qué procesos podrían afectar a las semillas antes de su germinación en el suelo.

Actividad 2: Visitar un vivero productor de plantas nativas de la zona

Durante el recorrido esquematizar las partes productivas (almácigos, canchas de cultivo, invernáculos, sombráculos) y partes no productivas (caminos, composteras, toma de agua, galpones).

Consultar a los técnicos sobre la posibilidad de armar un vivero pequeño en el patio de la escuela para reproducir plantas. ¿Qué especies serán las más sencillas de multiplicar? ¿Qué materiales se necesitarán?

Actividad 3: Cosechando semillas

Realizar una cosecha de semillas analizando previamente cuáles de los métodos de recolección conocidos serán los más adecuados para las especies seleccionadas. Luego llevar a la práctica la limpieza, secado, rotulado y almacenamiento correspondiente.

De las semillas colectadas ¿cuáles fueron las que contenían mayor cantidad de impurezas? ¿Qué tipo de impurezas se hallaron? Algunos de los lotes, ¿contenía semillas que podrían causar invasiones biológicas? Por ejemplo semillas de pinos, eucalipto, arce.

Actividad 4: Prácticas de vivero

Hacer un registro de los tratamientos utilizados para cada especie, de modo de recabar información para cosechas venideras. Si fuera posible solicitar el asesoramiento de personal especializado a fin de

poner en marcha los tratamientos pre-germinativos de las semillas almacenadas.

Calcular la capacidad germinativa de las semillas y hacer la prueba del corte a las que tengan mayor tamaño. ¿Qué diferencias se encontraron entre las semillas vanas y las viables?

Hacer la siembra, repique, trasplante y rustificación, considerando las técnicas de manejo, propuestas en este capítulo, tendientes a lograr plantitas sanas y vigorosas.

Algunos interrogantes a considerar: el sustrato, para el manejo en general de los plantines, ¿fue el adecuado?. El agua de riego ¿drenaba rápidamente o quedaba retenida en las macetas?. Los plantines ¿recibieron suficiente protección o fueron dañados por heladas, herbívoros?. El tamaño elegido para las macetas ¿fue el correcto o las raíces se extendieron a través de los orificios?

Actividad 5: Participando como voluntarios de una plantación para restaurar un área afectada por algún disturbio

Registrar la altura de las plantas y la cantidad que se llevarán al campo. ¿Qué relevancia tendrán estos datos?. ¿Cuáles podrían ser las causas por las que las plantas no crezcan lo esperado en un año?. Si hubiera que producir plantas para una determinada superficie a restaurar, ¿habría que dejar un lote de reserva en el vivero o hacer solamente una producción acorde a esa superficie? Fundamental.

NENDO DANGO: UNA HERRAMIENTA PARA TRABAJAR LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LA ESCUELA

*N. P. López Alaniz, G. Calzolari, A. E. Fassi, M. A.
Loustannau y M. B. Cardoso*

La degradación de los ambientes naturales, tanto rurales como urbanos, se encuentra muy asociada a las actividades humanas. Diferentes formas de convivir con el medio circundante y la sobredimensión de los valores económicos, contribuyen día a día a una mayor degradación de estos ambientes. Desde hace tiempo que tanto las instituciones científicas como los organismos gubernamentales están haciendo hincapié en la valoración de la conservación de los recursos naturales y del cuidado en conjunto de la biodiversidad. En ese sentido han surgido y se han incrementado las investigaciones relacionadas a la recuperación de áreas degradadas. Ante ello, un aspecto clave radica en posicionar a los distintos actores sociales en pos de trabajar en la recuperación de estos ambientes. Esto implica instaurar en la sociedad diversas ideas relacionadas con: a) la responsabilidad ante el deterioro ambiental, comenzando por los ámbitos educativos para transmitir este mensaje a los niños, adolescentes y sus familias y b) el valor de las pequeñas acciones comunitarias como motor que puede contribuir a la recuperación, o al menos al mejoramiento de la calidad de los ambientes de los cuales se forma parte. Por lo tanto, es interesante que a través de proyectos cooperativos, en los cuales se incluyan a pobladores afines a las áreas degradadas, investigadores, estudiantes y docentes, se lleven adelante acciones de recuperación concretas para un beneficio conjunto de la diversidad biocultural. Es decir la diversidad biológica natural en una co-dependencia con la cultura interactuante en la misma.

La técnica denominada “Nendo Dango” ó “Bolita de arcilla” puede ser utilizada como herramienta en este tipo de actividades. Su propulsor, Masanobu Fukuoka, biólogo especializado en

microbiología y en el control de plagas de cultivos, desarrolló una forma de agricultura derivada de la observación de diferentes procesos y dinámicas de la naturaleza (Fukuoka, 1978). Revalorizó una metodología de protección con arcilla de semillas cultivadas, que lograba aumentar la germinación y supervivencia de las mismas luego de ser sembradas. Preocupado por el avance de la desertificación en el mundo, propuso que aquella metodología sea utilizada en áreas desérticas para “reverdecerlas”. Los eventos en los que se hicieron siembras con Nendo Dango fueron de participación voluntaria y autoconvocada e involucraron distintas escalas del paisaje (desde huertas comunitarias a trabajos en miles de hectáreas), así como también distintos países del mundo con situaciones socio-económicas diversas (Restoration Projects Worldwide).

La técnica se basa en hacer una mezcla de semillas seleccionadas por el grupo de trabajo, dependiendo de los objetivos de la siembra. Las semillas se envuelven en arcilla mediante diferentes maneras: pueden ser bolitas de arcilla redondas (hasta 3 cm de diámetro) o en forma de medallones o discos (circulares y planas), las cuales tienen mayor superficie de contacto con el suelo, siendo aptas para siembras en lugares con pendiente pronunciada. Una vez confeccionadas las bolitas/discos de arcilla, se secan y son almacenados en bolsas hasta el momento de la siembra. El conocimiento popular sostiene que la arcilla cumple un rol importante debido a que reduce el daño producido por animales que se comen las semillas (ratones, aves, insectos) y absorbe y retiene la humedad, lo cual facilitaría la germinación de las plantas, sobre todo en sitios degradados y áridos. Una de las características a destacar, además, es que la técnica Nendo Dango implica bajos costos, requiere una mínima infraestructura y puede llevarse a cabo en sitios afectados en grandes superficies (p. ej. incendios forestales).

En la última década, en el noroeste de Patagonia se han realizado experiencias con siembras de Nendo Dango, en particular en áreas afectadas por incendios, involucrando a una gran variedad de actores

sociales: personal de Parques Nacionales, docentes, alumnos y padres de escuelas primarias y secundarias, y pobladores de la zona en general (Diario Rio Negro, 2011). Puede implementarse en distintas áreas geográficas y en sitios que han sufrido diferentes alteraciones (p. ej. canteras abandonadas, zonas baldías o marginales, taludes de rutas), o bien ambientes de uso educativo y barrial (patio de la escuela, plazas, centros comunitarios, etc.).

Como hemos mencionado en otros capítulos, la escuela es un ámbito apropiado para desarrollar proyectos de revalorización de espacios comunes, como por ejemplo los que se desarrollan mediante actividades que promuevan el reverdecimiento tanto dentro de la escuela como en sitios degradados de la localidad. Este tipo de proyectos actúan como disparadores en los alumnos, los cuales pueden incluirse como actores que intervienen su entorno más cercano de una manera positiva. Asimismo, en las distintas etapas del planteo y desarrollo de las actividades, los docentes pueden abordar con los estudiantes conceptos y habilidades pertinentes a distintas asignaturas, así como pequeños proyectos de investigación. Por lo tanto, estas actividades resultan enriquecedoras para la comunidad educativa y su entorno natural de manera simultánea (Figura 8.01). De esta manera, se pretende que los estudiantes adquieran aprendizajes que les sean significativos, conociendo más a través de la experiencia directa con el medio ambiente, para que el proceso de enseñanza y de aprendizaje permita, a través de la práctica, resignificar los contenidos abordados en las asignaturas. Como resultado de estos procesos se espera una articulación pedagógica entre la práctica y los contenidos curriculares, en vinculación con diversas áreas de aprendizaje, promoviendo un aprovechamiento integral de los espacios donde la comunidad educativa desarrolle sus actividades.



Figura 8.01. Esquema de interrelación entre aspectos sociales y científicos a partir de la práctica de Nendo Dango en la escuela.

En el momento de generar propuestas áulicas utilizando la técnica Nendo Dango es necesario hacer una lectura de las concepciones alternativas de los estudiantes en torno al deterioro ambiental y los contextos en los cuales están inmersos. Es decir, indagar en las explicaciones que generan los estudiantes a las ideas que se estudian y que no tiene un sustento en el saber erudito (Astolfi, 2009).

Cuando se abordan contenidos que son próximos a los jóvenes, con propuestas desafiantes, ellos se sienten identificados, involucrados y logran una mejor apropiación de los mismos. A su vez, la escuela permite dar continuidad a estos proyectos, trabajando en forma integrada para potenciar las capacidades de los jóvenes y construyendo saberes que tengan un alcance más allá de los límites institucionales, y que puedan impactar en el entorno familiar y barrial.

PROPUESTAS METODOLÓGICAS

Las propuestas didácticas que aquí se detallan permiten desarrollar diversos contenidos, a través de experiencias realizadas directamente en un sector del espacio escolar, o en el laboratorio con materiales extraídos por los propios alumnos. Como plantean Furman y Podestá (2010), se busca que los alumnos desarrollen habilidades (o competencias) científicas como la observación y la descripción, formulación de preguntas factibles de responder, formulación de hipótesis, y de diseños experimentales. Otras habilidades científicas que se rescatan son: obtener información cuali-cuantitativa a partir de la observación “sistematizada” de un proceso o fenómeno, planificar cursos de acción, comunicar de distinta manera y en las distintas etapas del proyecto aumentando la precisión en la capacidad de describir y argumentar. De esta manera se lleva a cabo un proceso de “investigación orientada” que permite a los estudiantes construir nuevos conocimientos a partir de los cuales pueden comprender las problemáticas del mundo que los rodea (de Torres Curth *et al.*, 2016).

Se pretende abarcar así, el aprendizaje de las ciencias naturales utilizando un recurso que existe en la escuela, que es una fuente de materiales de estudio: suelo, vegetales, precipitaciones, características físico-químicas del ambiente. De esta manera, como plantea Morín (1973), tanto los alumnos como el docente son producto y productores de su propio conocimiento.

1. NENDO DANGO Y LA PRODUCCIÓN DE NUEVO CONOCIMIENTO

Los alumnos llevarán a cabo distintas acciones para contextualizar la problemática a trabajar. Por medio del planteamiento del problema se buscará formular una serie de preguntas investigables, que permitan definir el objetivo de su trabajo. Una vez seleccionadas las preguntas que se investigarán, los estudiantes plantearán hipótesis de trabajo y posteriormente se analizará la metodología experimental

más apropiada. De esta manera se ponen a prueba dichas hipótesis, identificando las variables a medir, el número de ensayos a realizar y la forma en que recogerán los datos. Esto último implica determinar qué tipo de variables se registrarán y el tratamiento que se le dará a dichos datos (Aguilar, 2015).

Actividad 1:

En una primera instancia y a modo de introducción se observarán y describirán diferentes muestras de suelo de distintos ambientes naturales, que luego serán un componente fundamental en la implementación de la técnica Nendo Dango (ver capítulo 1: ¿Qué es la Restauración Ecológica? Su relación con la educación). Las descripciones podrán ser acompañadas por dibujos y fotografías. Se buscará diferenciar sus componentes, observar sus propiedades (tamaño, textura, color, humedad, tipo de partículas) y sacar conclusiones sobre el origen de estas muestras. Posteriormente se podrá profundizar en interrogantes que surjan de los estudiantes y otros planteados por los docentes, como por ejemplo: ¿Qué componentes se observan en el suelo? ¿Qué características tienen los diferentes tipos de suelos? ¿Hay semillas en el suelo? ¿Hay aire en el suelo? ¿Cuál es el mejor suelo para las plantas? ¿Qué acciones pueden llevar al deterioro de los suelos? ¿Cómo se puede recuperar suelos degradados?

Actividad 2:

A partir de la lectura de textos sobre la técnica Nendo Dango los estudiantes realizarán una síntesis conceptual y podrán elaborar preguntas para investigar en pequeños grupos. Como ejemplos se pueden redactar preguntas como las siguientes:

- ¿Cómo influye la bolita de arcilla en la germinación de las semillas?
- ¿Las semillas en bolitas de arcilla germinan más rápido que las semillas desnudas?

- ¿Hay diferencias en las plantas utilizando una u otra técnica?
- ¿Las plantas que surgen de bolitas de arcilla crecen mejor que las otras?

Como posibles respuestas a las preguntas planteadas los estudiantes podrán elaborar diversas hipótesis.

Actividad 3:

Distribuidos en pequeños grupos los estudiantes seleccionarán una de las preguntas formuladas y sus respectivas hipótesis y elaborarán un diseño experimental que permita ponerlas a prueba, considerando las variables a estudiar y determinando aquellas que permanecerán fijas. A modo de ejemplo, se sugieren algunas preguntas asociadas al control de variables del experimento: ¿Qué especies nativas sembrar? ¿Cómo y cuándo cosecharlas? ¿En qué época del año realizar las siembras? ¿Es necesario el riego para el éxito de la actividad? ¿Cuántas muestras realizar? ¿Qué cantidad de bolitas serán necesarias? Este diseño también incluiría los instrumentos a utilizar y el desarrollo de los pasos, además de una planilla donde volcarían los datos obtenidos.

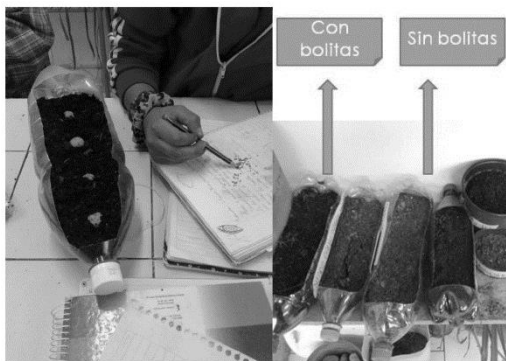


Figura 8.02. Armado de las macetas.

A partir de los resultados se podrán elaborar una serie de conclusiones teniendo en cuenta los siguientes interrogantes:

¿Lograron sostener la hipótesis planteada? En caso de no poder sostenerla ¿Qué hipótesis alternativa podrían plantear? Independientemente de la aceptación o no de la hipótesis planteada, ¿Qué nuevas preguntas o ideas se pueden desprender de la experiencia realizada? ¿Qué sector del barrio podría requerir una intervención para la restauración? ¿Cómo se podría restaurar un ambiente degradado utilizando esta técnica?

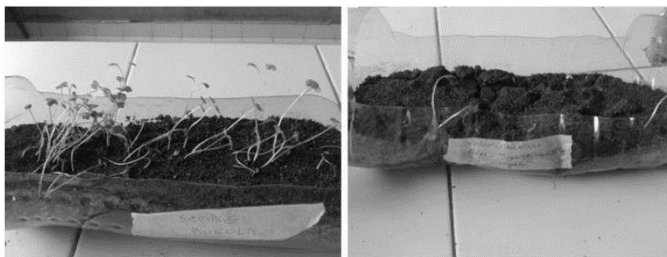


Figura 8.03. Ensayo experimental para la comparación de la Técnica Nendo Dango *versus* la siembra directa. Izquierda: siembra directa; derecha: Técnica Nendo Dango.

2. NENDO DANGO Y EL AULA-TALLER

Se propone un circuito de cinco estaciones que funcionarán en simultáneo. Por cada estación deberán pasar entre 5 y 7 minutos cada grupo. Las actividades de cada estación serán presentadas antes de comenzar, esto garantiza que todos pasarán por la experiencia sin quedarse demasiado tiempo, de esta manera podrán conocer y luego elegir entre las propuestas.

A modo de ejemplo se sugiere:

Estación 1: se tamizará la arcilla para la preparación de las bolitas o disquitos. Se discutirá sobre las siguientes preguntas: ¿Cómo es la arcilla? ¿Qué textura tiene? ¿Conocen algún lugar en la zona donde haya arcilla? ¿Qué características debería tener un nuevo material si quiero reemplazar a la arcilla? ¿Qué material de los que conocen tiene esas características?

Estación 2: Se limpiarán y se clasificarán las semillas para la elaboración de los disquitos y bolitas. Se discutirá sobre las siguientes preguntas: ¿Qué diferencias observan entre los frutos y las semillas? ¿Cuál será su forma de dispersión? ¿En qué época se suelen recolectar las semillas? ¿Qué debemos tener en cuenta para el cuidado de la planta durante la recolección de semillas?

Estación 3: En base a libros de flora de la región (si es que se trabaja con plantas nativas) buscarán información sobre las plantas que se sembrarán: descripción general, fechas de floración, fructificación, tamaño de las semillas, usos comestibles y/o terapéuticos, etc. Con este material elaborarán fichas técnicas para cada especie acompañado de un esquema o fotografía de la misma.

Estación 4: Se tamizará la tierra sacando palitos, piedras y raíces. Se discutirán las siguientes preguntas: ¿De qué color es? ¿Qué textura tiene? ¿Está húmedo?

Estación 5: Se realizarán registros de la práctica con fotografías y computadora.

A modo de cierre se realizará una puesta en común con el objetivo de compartir las experiencias. A su vez, el resultado indirecto de esta actividad es que los materiales quedan listos para la elaboración de las bolitas y discos.

3. CANTEROS CON NENDO DANGO

En primera instancia se seleccionará el terreno y se delimitará el área para la instalación de canteros.

Se plantearán metodologías para caracterizar tipos de suelo en base a: tamaño, permeabilidad y fertilidad (cantidad de materia orgánica).

Etapas 1: Se proponen análisis cualitativos de ciertas variables para las distintas muestras de suelos (ver Capítulo 2: El rol de los suelos en la restauración), por ejemplo la permeabilidad y la cantidad de materia orgánica. Para el estudio de la permeabilidad se podría armar un dispositivo con botellas plásticas, algodón y arena (Izq. Figura 4).

Para medir si los suelos poseen materia orgánica, se podría hacer una experiencia sencilla donde se colocaría muestra de suelo en un vaso de precipitado más unas gotas de agua oxigenada para determinar la cantidad burbujas que se expulsan (Figura 8.04, Derecha) (Olimpiada Argentina de Ciencias Junior, 2012).



Figura 8.04. Izquierda: Estudio de permeabilidad del suelo. Derecha: Evaluación de contenido de materia orgánica.

Etapa 2: Realización de bolitas y discos. Imágenes sólo a modo ilustrativo (Figura 8.05). Instructivo para la confección ver Caja 2.



Figura 8.05. Izquierda: Corte de discos de arcilla con semillas. Medio: bolita de arcilla con semillas. Derecha: secado de las bolitas.

Etapa 3: Siembra de bolitas y discos. Para ello se realizaría un recuento de las bolitas y discos que se pretendería sembrar y el diseño previo de cómo se plantarán (Figura 8.06). Se recomienda sembrar con una separación de aproximadamente unos 15 cm, o inclusive más, dependiendo de las especies elegidas para la siembra, a fin de evitar la superposición de plantas en el momento de la germinación y posterior crecimiento de las mismas.



Figura 8.06. Siembra de bolitas y discos de arcilla en los canteros de la escuela.

Etapa 4: Se podrían diseñar planillas sencillas para la recolección de datos cuali-cuantitativos sobre germinación y crecimiento de plántulas. Se podrían identificar las especies que se plantaron con ayuda de catálogos de descripción de plantas, y realizar actividades sobre la utilización de las mismas en la sociedad. Ciertos datos cuantitativos a registrar, podrían ser la cantidad de plantas de cada especie que haya germinado. Además, si previamente se cuentan la cantidad de semillas por bolita o disco sembrado, se podría observar con facilidad, cuantas plántulas germinaron por bolita o disco y realizar los recuentos (Figura 8.07). Como complemento se podrían medir, cada cierto tiempo, la altura de las plantas de cada especie a medida que crecen para obtener datos del crecimiento.



Figura 8.07. Plántulas germinas por bolita o disco.

CAJA 2: ARMADO DE BOLITAS Y DISCOS

Mezclar la tierra y la arcilla. Agregar las semillas. Agregar agua hasta obtener consistencia deseada. Armar bolitas o discos. Dejarlas secar en ambiente aireado.

❖ Proporciones para 300 bolitas Nendo Dango:

3 tazas de arcilla

3 tazas de suelo

$\frac{1}{4}$ taza de semillas

❖ Proporciones para 70 discos Nendo Dango (entre 3 y 6 cm de diámetro):

6 tazas de arcilla

6 tazas de suelo

$\frac{1}{2}$ taza de semillas

4. LAS ENCUESTAS EN LAS PRÁCTICAS ESCOLARES

Debido a los problemas socio-ambientales actuales, es necesario trabajar en posibles soluciones, principalmente en las generaciones más jóvenes. Una de las maneras es promover la motivación y participación desde el aprendizaje escolar formal, donde el rol de la escuela para fomentar actitudes y acciones ambientales positivas es muy importante.

En los entornos de educación formal, el conocimiento sobre el medio ambiente es una parte importante de los planes de estudio. Se ha propuesto que la educación ambiental pueda integrarse a través de prácticas experienciales (i.e. aprendizaje experiencial) mediante la observación, la acción y la reflexión (Arango *et al.*, 2009; Eyssartier *et al.*, 2015). De esta manera pueden estimularse las diferentes formas de aprender sobre el contexto local inmediato y hacer foco en el cuidado hacia los seres vivos (Lozada y Margutti, 2012). El hecho de palpar, ver y sentir a través de la práctica en el aula es que se estimularía una manera más eficaz, agradable y placentera en el aprendizaje de los niños y adolescentes.

Existen investigaciones cuyos resultados demuestran que aprendemos cuando experimentamos a través de acciones que permitan activar los sentidos en el contexto donde nos encontramos. Ciertas perspectivas de educación ambiental se centran en la exploración y la observación (Varela, 2000; Eyssartier *et al.*, 2015).

Por esto, es oportuno que en los ambientes escolares se desarrollen prácticas de aprendizaje que despierten el interés de los alumnos para sentirse agentes activos del ambiente que los rodea, como en la actividad explicada en este capítulo sobre la técnica Nendo Dango. De esta manera, se fomentan actividades que estimulan el desarrollo de comportamientos pro-ambientales, que bien pueden ser integradas a sus vivencias cotidianas.

Una de las maneras de explorar cómo influye la experiencia de la práctica en los alumnos, es a través de encuestas. Las mismas pueden ser realizadas antes y después de cada actividad de interés, a fin de registrar los nuevos conocimientos y reflexiones producto de tales experiencias. Estos registros son documentos valiosos, los cuales no sólo reflejan los nuevos conocimientos, sino que también podrían ilustrar procesos de aprendizaje donde los estudiantes manifiesten sus intereses, emociones, preocupaciones e incertidumbres en relación a la práctica realizada.

Ciertos trabajos, los cuales han aplicado encuestas en el contexto escolar, muestran la importancia de las mismas, a través de las cuales puede observarse el cambio en la incorporación de nuevos conceptos (Eyssartier *et al.*, 2015). En general, las encuestas son de carácter individual, y los datos pueden ser recolectados de manera oral y/o escrita. Es importante destacar que el cuestionario tiene que estar diseñado a partir de preguntas concisas y de clara interpretación, tratando de evitar la dispersión en la atención de los alumnos. Los resultados pueden ser de utilidad para analizar tanto el aprendizaje individual como el análisis general de la práctica realizada. En el segundo caso, los datos obtenidos a partir de las respuestas pueden ser clasificados y categorizados, analizándolos a través de estadísticas y gráficos mediante los cuales se pueden observar tendencias en los procesos cognitivos. Por ejemplo, en la pregunta: "¿Quién te enseñó acerca de las plantas?", podemos deducir sobre los contextos formales e informales de aprendizaje, analizando el rol de la escuela y la familia como núcleos importantes. O en la pregunta "¿Qué es aquello que no te olvidarás de esta experiencia?" Los nuevos conocimientos pueden ser analizados y también aquellas características sensoriales más relevantes, según la expresión de los alumnos. En este sentido, las encuestas son una herramienta útil para trabajar en el ámbito escolar, de manera de registrar los cambios significativos luego de realizar prácticas concretas.

CONSIDERACIONES FINALES

La presente propuesta consiste en que en el ámbito escolar se desarrollen prácticas que recurran a situaciones locales, despertando el propio interés de los alumnos. Es decir, partir de la práctica concreta y cotidiana, integrando diversos contextos socio-culturales y ecológicos; para promover acciones pro-positivas que involucren el aprendizaje a través de la experiencia.

Asimismo, puede servir como disparador para nuevos proyectos interdisciplinarios dentro de la institución, generando que los propios estudiantes sean los multiplicadores de los saberes construidos.

En este contexto, el Nendo Dango permite no sólo trabajar contenidos de educación ambiental, sino también favorece la apropiación de los espacios comunes y la vinculación con el medio natural.

EDUCACIÓN AMBIENTAL. ASPECTOS GENERALES Y RELACIONES CON LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES. DOS CASOS DE FORMACIÓN DOCENTE

Eduardo Andrés López.

LA EDUCACIÓN AMBIENTAL COMO RESPUESTA EDUCATIVA A LA CRISIS AMBIENTAL

A medida que avanzan los conocimientos científicos y tecnológicos crece el poder de intervención y modificación del hombre sobre el ambiente. Muchas de estas actividades humanas permitieron y permiten mitigar problemas tales como el hambre y las enfermedades. Pero, por otro lado, cada vez se suman mayores impactos negativos en la naturaleza producto de la intervención humana, al punto de encontrarnos en una situación de emergencia planetaria. No es objetivo de este trabajo hacer una enumeración exhaustiva de los problemas ambientales actuales, basta decir que algunos informes recientes como los de la UNESCO y Naciones Unidas (2004, 2005, 2012, 2015a, 2015b, 2016) advierten sobre la inviabilidad del planeta Tierra, tal como lo conocemos ahora, bajo las condiciones actuales de desarrollo económico.

En este contexto, la Educación Ambiental (en adelante EA) surge a partir de la segunda mitad del siglo XX como una de las respuestas prioritarias de la comunidad internacional ante los cada vez más graves problemas ambientales (Conferencia de Estocolmo, 1972, Creación del PNUMA, 1975, Conferencia de Tbilisi, 1977, etc.) al tomarse conciencia que no bastará con establecer normas legales que regulen el uso de los recursos naturales si no se fomentan valores y actitudes positivas hacia el ambiente.

Las definiciones sobre EA han ido cambiando junto con la evolución de algunos conceptos como el de ambiente, biodiversidad y desarrollo. González Gaudiano (2001) rescata una definición elaborada durante la celebración del Taller Subregional de Educación Ambiental para la Enseñanza Secundaria, en Perú. Tal definición data de 1976 pero aún merece su atención ya que refleja algunas particularidades de la posición latinoamericana y de los países en desarrollo, en general:

*Si bien la educación no es gestora de los procesos de cambio social, cumple un papel importante como agente fortalecedor y acelerador de dichos procesos transformadores, papel que sólo puede cumplir acabadamente si lejos de limitarse al señalamiento de los problemas con que se enfrentan los países en vías de desarrollo, apunta al esclarecimiento de sus causas y a la proposición de soluciones posibles... Aparece así la necesidad de una **educación ambiental de carácter integral que promueva el conocimiento de los problemas del medio natural y social en su conjunto y los vincule sólidamente con sus causas...***

[Por lo que] definió la educación ambiental como la acción educativa permanente por la cual la comunidad educativa tiende a la toma de conciencia de su realidad global, del tipo de relaciones que los hombres establecen entre sí y con la naturaleza, de los problemas derivados de dichas relaciones y sus causas profundas. Ella desarrolla mediante una práctica que vincula al educando con la comunidad, valores y actitudes que promueven un comportamiento dirigido hacia la transformación superadora de esa realidad, tanto en sus aspectos naturales como sociales, desarrollando en el educando las habilidades y aptitudes necesarias para dicha transformación (Teitelbaum, 1978, p. 51).

Según el mismo González Gaudiano (*op. cit.*) “el taller puso el acento en que, al contrario de los países desarrollados, en América Latina la problemática ambiental no proviene de la abundancia y del derroche, sino de la insatisfacción de necesidades básicas, que es también la causa de la desnutrición, el analfabetismo, el desempleo, la insalubridad, etc...” (p. 153).

En la Argentina, recién en los comienzos de este siglo la Educación Ambiental cobra importancia y se hace visible a partir de algunas iniciativas gubernamentales y no gubernamentales relacionadas con el tema:

- Programas de formación docente en Educación Ambiental y congresos organizados por la Escuela Marina Vilte de CTERA (Confederación de Trabajadores de la Educación de la República Argentina).
- Sanción de la Ley General de Ambiente (2002).
- Sanción de la Ley de Educación Nacional (2006), que en su artículo 89 incluye la obligatoriedad de la EA.
- Creación de la Unidad de Coordinación de EA en el ámbito de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2006).

Sin embargo, y salvo algunas experiencias destacables, en los últimos años la EA se ha incorporado al sistema educativo formal de manera intermitente, incompleta y a partir de proyectos y talleres que representan iniciativas aisladas de escuelas o grupos de docentes interesados en estas temáticas más que verdaderos esfuerzos y desarrollos curriculares de cada nivel educativo y jurisdicción.

EDUCACIÓN AMBIENTAL A LA CARTA

En el plano metodológico, existe una gran variedad de maneras de concebir y poner en práctica la EA. A tal punto que algunos autores han propuesto “*una cartografía de corrientes en EA*” (Sauvé, 2004a), distinguiendo quince corrientes que se clasifican de acuerdo con la concepción de ambiente que sostienen, la finalidad que persiguen, el enfoque y los “modelos pedagógicos” que utilizan. Algunas con una larga tradición, sobre todo en el ámbito de la educación no formal, como la naturalista o la conservacionista, otras de aparición más reciente como la corriente crítica, la eco educación y, la casi

hegemónica en la actualidad, Educación para el Desarrollo Sostenible (en adelante EDS).

Sin ignorar las controversias que aún persisten en relación con la EDS, no se puede soslayar su importancia a nivel mundial. Desde 1987, año en que se utilizó oficialmente por primera vez el término *desarrollo sostenible*, es considerado por la propia UNESCO como “*el paradigma general de las Naciones Unidas*” (UNESCO, 2012). En sus inicios, se lo describió como “*el desarrollo que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades*” (Informe de la Comisión Brundtland, 1987).

Anteriormente, en la Declaración de la Cumbre de Río de 1982 aparecen sus primeros esbozos, en línea con esa primera definición: “*...los Estados tienen el derecho soberano de aprovechar sus propios recursos según sus propias políticas ambientales y de desarrollo [...] en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras*” (Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Principios 2 y 3).

A partir de aquella primigenia definición, el significado de desarrollo sostenible ha evolucionado hacia visiones menos economicistas incorporando principios amplios tales como “*equidad entre las generaciones, equidad de género, paz, tolerancia, reducción de la pobreza, preservación y restauración del medio ambiente, conservación de los recursos naturales y justicia social*” (UNESCO, op. cit., p. 5)



Figura 9.01. Modelos de desarrollo. Adaptado de Visualizando la Sustentabilidad (pueden verse muchos otros diagramas):

<https://computingforsustainability.com/2009/03/15/visualising-sustainability/>

Por supuesto, este modelo de desarrollo tiene su correlato educativo en la EDS. Sin embargo, para muchos autores e incluso para la UNESCO no es posible tomar como sinónimos a la Educación Ambiental y la EDS, ya que si bien presentan similitudes no serían suficientes para afirmar que son lo mismo (UNESCO, 2012).

Dependiendo de quiénes comparen las relaciones y el carácter más o menos abarcativo de cada enfoque, resulta en diferentes interpretaciones de sus alcances y significado. En este sentido, nos limitaremos a recordar la diferenciación que realiza una de las principales referentes teóricas de la EA, Lucie Sauvé (2004b), quien señala que la Educación Ambiental *“debe evitar limitarse a la propuesta del desarrollo sostenible”* ya que este *“propone una visión del mundo (una cosmología) antropocéntrica que se articula en torno a tres polos: la economía, la sociedad y el medio ambiente”* reduciendo a este último *“a un depósito de recursos”* que orienta al desarrollo humano *“hacia el crecimiento económico y por consiguiente hacia la competitividad y la desigualdad”* (p. 5).

CONCIENCIA Y ACCIÓN EN LA EDUCACIÓN AMBIENTAL. EL CASO DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Las diferentes definiciones de EA señalan entre sus funciones principales la concientización y la capacitación para la acción. A primera vista, no habría mayores reparos con estos objetivos amplios. Tomar conciencia, es decir tener *conocimiento claro y reflexivo de la realidad* (una de las acepciones de la Real Academia Española), para actuar de forma de prevenir y solucionar problemas ambientales.

Sin embargo, para algunos autores sería necesario clarificar estos objetivos (Caride y Meira, 2001, García, 2003). En esa línea podemos preguntarnos ¿Qué significa actuar en favor del ambiente? ¿Se reduce a resolver un problema ambiental concreto o significa también (y principalmente) realizar acciones tendientes a modificar nuestros hábitos de consumo, nuestros estilos de vida o, más aún, cuestionar el

modelo de desarrollo económico y social vigente? Por otro lado, ¿tomar conciencia significa tener conocimiento de un problema ambiental o supone, además, conocer sus causas, los actores sociales que intervienen, los modelos de desarrollo que subyacen detrás de dichos problemas?

Eduardo García (*ob. cit.*) pone esta tensión en términos de una analogía que utilizara Franquesa (1999, citada por García) para argumentar a favor de capacitar para la actuación: “*de poco le sirve a la persona que se está abogando que un observador se dé cuenta de lo que está ocurriendo si no es capaz de intervenir para solucionar el problema*”. Pero enseguida objeta García: “*¿de qué sirve sacarlo del agua si, de nuevo y casi de inmediato, vuelve a caer?*” (p. 5).

Sin pretender superar esta cuestión, es posible considerar que la EA puede preparar para actuar en problemas concretos, pero también debe fomentar el desarrollo de competencias generales que conduzcan a un abordaje crítico y global de los modelos de desarrollo que nos han llevado a la actual crisis ambiental.

En el marco de una EA de corte integrador, crítico y complejo, la **restauración ecológica** puede pensarse como una actividad directa en la comunidad, pero no como la acción de *sacar del agua para que de inmediato vuelva a caer*. Siempre que las líneas de acción que se emprendan incluyan la identificación de las causas del deterioro ambiental, sus actores y responsables, las relaciones e intereses en juego que llevaron al ambiente al estado actual, la historia de dicha degradación, entre otros aspectos. La restauración ecológica puede entenderse, de esta manera, como una disciplina que procura recuperar y gestionar la integridad ecológica de los ambientes dañados por la actividad del hombre (Swart y otros, 2001) y también como una hebra más de un complejo entramado de actividades que exceden lo ecológico y conectan con otras disciplinas de índole social y natural. Más detalles sobre la Restauración Ecológica han sido descriptos y abordados en el primer capítulo (¿Qué es la Restauración Ecológica? Su relación con la educación).

LA SIMBIOSIS EDUCACIÓN AMBIENTAL - ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES

Hemos señalado la importancia de la EA en un contexto global muy crítico en cuanto a la viabilidad misma del Planeta Tierra. Hemos visto que las naciones, mediante políticas de acción y legislación, han puesto de relieve la necesidad de producir cambios culturales profundos para prevenir y mitigar los problemas ambientales. El instrumento privilegiado, aunque no el único, para ese cambio es la Educación.

Asimismo, podemos destacar otra razón para incluir las problemáticas ambientales en nuestro currículum, en particular en el de Ciencias Naturales: las problemáticas ambientales constituyen un recurso didáctico que se ajusta perfectamente a algunas ideas de la Didáctica de las Ciencias Naturales que actualmente gozan de un considerable consenso. En el primer capítulo (¿Qué es la Restauración Ecológica? Su relación con la educación) hemos comenzado a esbozar algunas de las potencialidades que tiene la inclusión de proyectos de Restauración Ecológica en las aulas. Ahora, analizaremos las ideas más importantes relacionadas con la Didáctica de las Ciencias Naturales: la **alfabetización científica**, el **enfoque Ciencia Tecnología y Sociedad** (enfoque CTS), la enseñanza por **resolución de problemas**, el **trabajo colaborativo** y la **interdisciplinariedad**.

ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

En términos generales, se entiende por alfabetización científica a los saberes indispensables que debe poseer todo ciudadano para tomar decisiones fundamentadas en cuestiones de relevancia social relacionadas con la ciencia y la tecnología. Cuando se habla de alfabetización científica, no quiere decir entonces que los estudiantes deben repetir sin errores las leyes de Mendel o conocer en detalle las

células animal y vegetal. Se trata, más bien, de que nuestras/os estudiantes - futuros ciudadanas/os sean capaces de comprender e intervenir de forma responsable en el mundo que les ha tocado vivir. Así, la alfabetización científica se asocia más a adquirir ciertas competencias que a poseer un cúmulo de datos.

ENFOQUE CIENCIA TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD (CTS)

Muy estrechamente ligado al concepto anterior, surge en la segunda mitad del siglo XX el enfoque CTS. A grandes rasgos, este movimiento procura *“por un lado, la contextualización (desmitificación) de la ciencia y la tecnología, y, por otro, la promoción de la participación pública en contra de los estilos tecnocráticos de ordenamiento institucional”* (Pérez Cerezo, 2011). En el plano estrictamente educativo, es una propuesta que busca ser innovadora al plantear cambios en los contenidos y metodologías de enseñanza permitiendo abordar en clase las implicaciones sociales de la ciencia y la tecnología. Es decir, en consonancia con la alfabetización científica, el enfoque CTS busca formar una ciudadanía capaz de participar activamente en cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología (transgénicos, clonación, energía nuclear, obras y actividades con gran impacto ambiental, etc.). En los últimos años, se le ha agregado el término Ambiente (CTSA) y, aún más, los valores (CTSA+V)

Algunas estrategias utilizadas en las clases de Ciencias Naturales con enfoque CTS:

- Se utilizan problemas abiertos de relevancia social.
- Se trabaja en forma grupal y colaborativa.
- Se realizan salidas o trabajos de campo.
- A menudo se realizan proyectos con incidencia en la comunidad o en el barrio.
- Se contemplan actividades de enseñanza y aprendizaje con participación activa de las/os estudiantes como los debates,

foros, producción de afiches y folletos, realización de encuestas y entrevistas, etc.

Sin dudas, la EA posee numerosos puntos de contacto con estas estrategias de enseñanza. Junto con otros tipos de educación “adjetivadas” (Educación para la Salud, Educación Sexual Integral, Educación para el consumo, entre otras) pensar las clases en clave ambiental puede aportar situaciones reales, de relevancia socioambiental que contribuyan a contextualizar la ciencia y la tecnología y promover la participación pública de las/os estudiantes - futuras/os ciudadanas/os.

ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE MEDIANTE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

En la actualidad, en el campo de la didáctica de las ciencias naturales, se acepta que debemos involucrar a nuestras/os alumnas/os en actividades de investigación científica escolar. Esto implica, entre otras cuestiones, clases donde se resuelven problemas. Es decir, que las/os estudiantes deben lograr *“el desarrollo de competencias [combinando] conocimientos, capacidades y actitudes de forma adecuada para plantear y resolver una determinada situación.”* (Gómez Galindo y Adúriz Bravo, 2011, p. 106).

Ahora, ¿Qué tipos de problemas son útiles en Ciencias Naturales? ¿Cómo podemos distinguir un problema auténtico de un ejercicio o cualquier otra actividad?

Si bien, entre ejercicio y problema, habría diferencias de grado y su distinción debe hacerse *“en función del sujeto que ha de enfrentarse a ellos”* (Oñorbe, 2003, p.78), para comprender mejor su naturaleza, podemos repasar algunas características que toda situación debiera poseer para ser considerada un verdadero problema:

- Las situaciones planteadas deben representar verdaderos desafíos para las/os estudiantes.

- Deben ser abiertas, es decir que exista más de una estrategia para su resolución. Además, pueden admitir más de una solución o respuesta correcta. Es decir, no tienen que estar *“bien definidos”* (Pozo, 2014, p. 212).
- Deben estar contextualizadas, evitándose así situaciones artificiosas que no despiertan el interés de las/os estudiantes y, en cambio, ser cercanas a su realidad, creíbles y significativas para su vida.
- Deben habilitar el trabajo grupal y colaborativo de forma coherente con una visión de ciencias donde los problemas se afrontan en equipos y el conocimiento científico es una construcción colectiva.
- Deben, además, fomentar el desarrollo de capacidades o competencias de diferentes grados de demanda cognitiva como, por ejemplo, buscar y obtener información, generar hipótesis, diseñar experimentos y/o investigaciones, comunicar los resultados obtenidos, entre otras.

Los problemas científicos escolares, entonces, pueden pensarse como una exploración de un territorio desconocido. La resolución de un ejercicio requiere, en general, la identificación con alguna tarea ya realizada y la aplicación de técnicas o algoritmos conocidos. En tanto que un problema no puede ser reducido a otro ya resuelto y necesita de la búsqueda o construcción de estrategias para resolverlo, sin que exista una respuesta única y cerrada.

En cuanto a la Educación Ambiental, las relaciones con este enfoque son evidentes. Rivarosa y Perales (2006) hacen referencia a algunas características de los problemas ambientales. Nos detenemos en algunas de ellas para apreciar dicho vínculo:

- *“Son problemas complejos, abiertos, cambiantes, que precisan de reflexión y de investigación, poniendo en juego la inventiva y la creatividad, actitudes imprescindibles para hacer frente a una realidad llena de incertidumbres.*

- *Para resolverlos se hace necesario contar con el conocimiento cotidiano, pero también con el conocimiento científico. En cuanto al primero, porque los problemas surgen de la experiencia diaria, por lo que se refiere al segundo, porque entra en juego a partir de la complejidad de dichos problemas, lo que hace inevitable recurrir a formas de conocimiento más sofisticadas.*
- *Son problemas significativos y funcionales para la vida presente y futura de las personas, lo que implica que deben conectar con los intereses y con las preocupaciones de los alumnos, de modo que cobren sentido para ellos, que sean aplicables a la vida cotidiana, y que movilicen contenidos culturales socialmente relevantes” (Rivarosa y Perales, 2006, p. 113).*

LA INTERDISCIPLINARIEDAD EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES

Es abundante la bibliografía que aborda la compleja trama de significados construida en torno al término interdisciplinario y su relación con otros conceptos semánticamente cercanos como transdisciplinario o multidisciplinario. Más allá de la diversidad de sentidos que se le atribuyen a estos términos, interesa resaltar que la escuela secundaria en Argentina (no así la educación inicial y primaria) está actualmente organizada en materias o disciplinas como, por ejemplo, Física, Biología y Química. Sin embargo, varias reformas curriculares están planteando nuevos formatos y estructuras donde confluyen saberes de diferentes campos de conocimiento. Este proceso no es original ni propio de nuestro país. Más bien atiende a nuevos paradigmas relacionados con la forma de entender el conocimiento y la inteligencia humana. Supone una estructura cognitiva adaptada a aprehender la realidad compleja y multidimensional de forma global o integrada. Esto implica necesariamente un diálogo entre saberes o disciplinas (Morín, 2001) y un enfoque integrador del currículo escolar.

Nuevamente acudimos a Rivarosa y Perales (op. cit.) quienes señalan, en referencia a los problemas ambientales como recurso

didáctico, que *“el conocimiento científico tradicional no suele bastar por el carácter complejo, interdisciplinar y global de los problemas ambientales”*. Su carácter multidimensional (salud, ambiente, hábitos culturales, relaciones económicas y sociales, etc.) *“requieren un planteamiento curricular no disciplinar que los considere como ejes organizadores del currículo”* (p. 113).

HACIA MODELOS MÁS COMPLEJOS

Es posible pensar la enseñanza como una acción tendiente a hacer evolucionar las ideas o los modelos que las/os estudiantes utilizan para interpretar la realidad.

Estos modelos son construcciones muy complejas que implican un “paquete” de saberes de diferente índole: valores, conceptos, habilidades, técnicas, un lenguaje que estructura y expresa las ideas, etc.

Dichos modelos son personales, con diferentes grados de complejidad, en general alejados de los modelos científicos actuales (y también alejados de las versiones escolares de aquellos modelos científicos) y con una llamativa estabilidad. Los docentes sabemos muy bien de qué se trata cuando decimos que las representaciones de nuestras/os alumnas/os son estables y difíciles de modificar.

Atendiendo a estas características, se impone la necesidad de planificar estrategias de enseñanza que promuevan la evolución progresiva de dichos modelos. Esto requiere pensar nuestras planificaciones docentes como caminos que permitan ir construyendo versiones cada vez más adecuadas de los modelos explicativos que utilizan nuestras/os alumnas/os, en aproximaciones sucesivas a lo largo de la enseñanza (Couso, 2013). Para ello deberemos introducir nuevos elementos que enriquezcan y modifiquen sus modelos iniciales: observaciones, experimentos, conceptos, relaciones no contempladas, analogías, datos, entre otros.

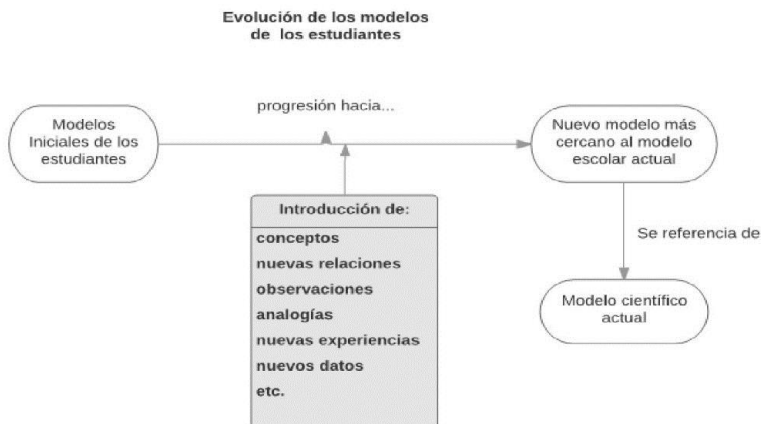


Figura 9.02. Evolución de los modelos de los estudiantes. Adaptado de El Diseño de Unidades Didáctica (Sanmartí, 2000)

En el caso de la Educación Ambiental, como con otros temas, tendremos que planificar nuestras clases a partir de lo que saben y piensan nuestras/os estudiantes.

Seguramente, cada problemática ambiental que abordemos exigirá la indagación inicial y posterior evolución de las representaciones o modelos que utilizan las/os estudiantes, ya sea que hablemos de contaminación del agua, minerías a cielo abierto, desertificación, tratamiento de residuos sólidos, inundaciones u otras.

No obstante, podemos pensar en algunas ideas centrales de la EA que tendremos en cuenta y que son esenciales para pensar *lo ambiental*.

Tabla 9.01. Posibles modelos iniciales y versiones más complejas.

Posibles modelos de los estudiantes	Modelos más complejos
Ambiente como entorno que rodea a los seres vivos, ambiente exclusivamente natural. Ausencia de relaciones.	Ambiente como resultado de la interacción entre los sistemas naturales y sociales. Constructo histórico, social y cultural. Con diversas representaciones y significados.
Desarrollo sostenible desde una visión economicista, pensado únicamente como el esfuerzo puesto en regular la extracción y consumo de los recursos de manera de garantizar <i>“el desarrollo que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades”</i> (UNESCO, 1987).	Desarrollo sostenible como paradigma de desarrollo que incluye la calidad de vida, que se preocupa por la desigualdad en la distribución de los recursos, la pobreza, el respeto a los derechos humanos, la perspectiva de género, la diversidad cultural (UNESCO, 2012)
Problema ambiental relacionado exclusivamente a los fenómenos naturales o a situaciones que presentan algún escenario de desequilibrio, deterioro o uso contradictorio del ambiente sin analizar a sus actores y/o responsables.	Conflicto ambiental. Forma de entender los desequilibrios o deterioros del ambiente, como producto de la acción de actores sociales que confrontan con otros por el control del territorio y el uso de los recursos naturales.

UN CASO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LA FORMACIÓN DE MAESTRAS/OS DE NIVEL INICIAL

La propuesta descrita en este apartado fue desarrollada durante el cursado de la asignatura Educación Ambiental de la carrera del Profesorado de Nivel Inicial en el Instituto de Formación Docente Continua de la Ciudad Bariloche (Prov. de Río Negro, Argentina) durante dos años consecutivos. En el primer año participaron dos biólogas investigadoras del CONICET, Dra. Andrea Relva y Dra. Karina Speziale, a través del programa nacional *Los científicos van a las escuelas* (Resolución CFE 60/08).

En la formación docente de Nivel Inicial, la EA ocupa un lugar relevante al constituirse en un espacio curricular del Plan de Estudios vigente que propone *“actividades que tiendan a la adquisición de vínculos*

positivos y afectivos hacia el ambiente natural a través de la transmisión de valores de cuidado y respeto del mismo con la finalidad de que lleven a cabo acciones tendientes a su conservación.” (Diseño Curricular para la Formación Docente del Nivel Inicial, 2008: 124)

En tal sentido, el enfoque de la cátedra pretende combinar el tratamiento de problemáticas ambientales por un lado y el disfrute de la naturaleza que promueva los mencionados vínculos positivos y afectivos. Es decir, que puedan apreciar y disfrutar del entorno pero promoviendo una mirada crítica sobre las modificaciones que sufre el ambiente por acción del hombre. El ambiente adquiere así un significado especial que puede implicar, entre otras relaciones, un medio de vida y el territorio donde desarrollar un sentido de pertenencia y concebir proyectos personales y colectivos (Sauvé, 2004).

En este contexto, durante la cursada se aborda el concepto de ***diversidad biológica*** y sus diferentes niveles (diversidad de ecosistemas, diversidad de especies, diversidad de genes). Asimismo, se pone énfasis en los ***factores antrópicos*** más importantes que la afectan: introducción de especies invasivas, sobreexplotación, degradación, fragmentación o desaparición de hábitats, contaminación, cambio climático. El enfoque de la cátedra busca que la EA no se reduzca a contenidos exclusivos de ecología y, por lo contrario, intenta abarcar las diferentes dimensiones de todo fenómeno ambiental. Incluye, entonces, cuestiones culturales, sociales, políticas y económicas.

Por otro lado, se busca que los contenidos teóricos tengan un correlato con la práctica y se construyan y/o enriquezcan a partir de situaciones problemáticas auténticas. El sentido práctico de la propuesta de la asignatura abarca dos dimensiones:

1. que las/os estudiantes realicen planificaciones didácticas, en este caso para salas de Nivel Inicial relacionadas con la EA,
2. que intervengan de forma directa en la comunidad. Entre estas acciones se espera que nuestras/os alumnas/os

propongan actividades de **conservación y restauración ecológica**.

En este marco, se planificó, junto a las investigadoras mencionadas, una salida didáctica para visitar un ambiente de matorral dominado por especies nativas de la región y una plantación de pinos (nombre genérico que agrupa a un conjunto de especies exóticas e invasivas de la familia Pinaceae), en zonas cercanas a la ciudad. El propósito principal fue trabajar el concepto mencionado de *diversidad biológica* tomando como parámetros la abundancia y la cantidad de especies de aves, plantas e invertebrados en ambos ambientes.



Figura 9.03. Ronda con la Dra. Andrea Relva (Investigadora de CONICET) antes de iniciar las actividades de muestreo.

Es importante destacar que la ciudad de San Carlos de Bariloche está situada dentro del Parque Nacional Nahuel Huapi (PNNH), primer área protegida creada en el país. Entre los principales objetivos del PNNH figuran la conservación de una porción de los valiosos y bellísimos ecosistemas andino-patagónicos y sus cuencas hidrológicas como, así también, la promoción de la investigación, la educación ambiental y la recreación en contacto con la naturaleza incluyendo el turismo.

Previo a la salida, se propuso que las estudiantes formularan *hipótesis y predicciones* en relación a si encontraríamos diferencias significativas de biodiversidad entre un ambiente y el otro. Asimismo, se dedicó un tiempo considerable a diseñar la forma en que podíamos comprobar nuestras hipótesis.

CAJA 3: LAS HIPÓTESIS Y LAS PREDICCIONES

Las predicciones mantienen, en general, una relación estrecha con la elaboración de **hipótesis**. Las primeras se desprenden lógicamente de las segundas y suelen guiar nuestros diseños experimentales.

¿Cómo es esa relación lógica? Partiendo de la base de que **si la hipótesis que formulamos es cierta entonces, a menudo, se derivan una o más consecuencias que podemos observar** (consecuencias observables). Esas posibles consecuencias observables (posibles porque todavía no sabemos si nuestra hipótesis es cierta) las podemos escribir como predicciones.

Para quienes tengan interés en profundizar en el tema, se recomienda la lectura del libro "Manual de supervivencia: del trabajo en el aula a la feria de ciencias (de Torres Curth *et al.*, 2016), especialmente el Capítulo 2.

En nuestro caso, se logró consensuar una hipótesis: “*Los ecosistemas nativos como el matorral poseen mayor biodiversidad que las plantaciones de pinos.*”

Posteriormente se elaboraron algunas predicciones que se derivaban de la hipótesis planteada. Señalamos sólo aquellas que se utilizaron en la salida.

Si nuestra hipótesis es correcta...

Predicción 1: En el matorral de nativas encontraremos mayor número de especies y cantidad de ejemplares de aves que en el pinar.

Predicción 2: En el matorral de nativas encontraremos mayor número de especies y cantidad de ejemplares de plantas que en el pinar.

Predicción 3: En el matorral de nativas encontraremos mayor número de especies y cantidad de ejemplares de invertebrados que en el pinar.

Durante la salida, guiados por nuestras predicciones, se midió en cada ambiente la biodiversidad de aves, plantas e invertebrados. El trabajo se realizó en grupos de 4 alumnas/os. Se utilizaron metodologías sencillas de recolección de datos. Para muestrear diversidad de aves, cada grupo registró todas las aves observadas u oídas durante 5 minutos en tres lugares elegidos al azar. Para muestrear diversidad de plantas se colocaron al azar, en el suelo, 4 estacas delimitando un cuadrado de 50 cm de lado. Se tomó nota de la cantidad de plantas por especie que se observaron. Esta acción se repitió cuatro veces en cada grupo. Por último, para muestrear invertebrados cada grupo recorrió el área recogiendo en recipientes todos los invertebrados que encontraron durante 10 minutos. Luego se contaron todos los individuos colectados. Una vez finalizado el recuento se devolvieron los invertebrados al ambiente.



Figura 8.04. Estudiantes del Instituto de Formación Docente de San Carlos de Bariloche tomando datos durante la salida de campo

Para los tres casos, cuando no se pudo identificar alguna de las especies se anotaron nombres de fantasía que permitiera diferenciarlas de otras especies. Los datos obtenidos en cada ambiente se volcaron en planillas diseñadas para tal fin.

Posteriormente, se juntaron los resultados de todos los grupos obteniéndose un número de muestras considerable. Los resultados confirmaron de forma contundente nuestra hipótesis ya que la biodiversidad encontrada en el ambiente con predominio de nativas fue significativamente mayor que en el pinar observado.

La salida descrita no constituye una actividad aislada, sino que se inserta en una secuencia didáctica que se resume en la siguiente tabla.

Tabla 9.02. Esquema de los pasos que se siguieron y que podrían servir como modelo para abordar otros problemas ambientales (adaptado de Rivarosa y Perales, 2006 y Sanmartí, 2000).

Etapa	Acciones
Exploración y explicitación de un problema ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Se presentó el problema del cuidado de la biodiversidad en zonas protegidas (Bariloche se encuentra inserta dentro del Parque Nacional Nahuel Huapi). - Se discutieron los diferentes factores que pueden afectar la biodiversidad. - Se analizaron aspectos biológicos, sociales, culturales, económicos, etc. que influyen en la problemática. - Se complementó la discusión con la búsqueda de información de fuentes confiables.
Delimitación y reformulación del problema ambiental contextualizado.	<ul style="list-style-type: none"> - Se analizaron casos reales de nuestra región. - Se eligió una problemática ambiental puntual (en este caso la introducción de especies exóticas invasivas en el Parque Nacional. El caso del pino (diferentes géneros dentro de la Familia Pinaceae). - Se buscó nueva información para el caso específico de la introducción de pinos. - Se formaron grupos de trabajo. - Se definieron los posibles pasos a seguir en el tratamiento del problema ambiental.
Tratamiento del problema ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> - Se definieron los principales interrogantes que plantea el problema ambiental. - Se formularon hipótesis que puedan dar respuestas provisionarias a los principales interrogantes. Se eligió una hipótesis para

	<p>contrastar con un trabajo de investigación escolar.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se propusieron algunas predicciones que se derivan de la hipótesis. - Se diseñaron los pasos a seguir en la investigación escolar. En este caso se eligió una zona para visitar donde se pudiera comparar un ambiente con predominio de especies nativas (matorral) y una plantación de pinos. - Se obtuvieron datos de cada ambiente en relación a su biodiversidad utilizando diferentes métodos sencillos de muestreo.
Síntesis, conclusiones, reestructuración del conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Posteriormente a la salida, se discutieron los resultados tratando de construir interpretaciones y conclusiones consensuadas. - Se revisaron las hipótesis iniciales y los conocimientos previos al tratamiento del problema ambiental. - Se promovió un análisis global e integrador que contemplara las variables biológicas, sociales, culturales, económicas, etc. que fueron planteadas al inicio.
Generalización, transferencia a otros contextos, intervención.	<ul style="list-style-type: none"> - A partir de las conclusiones obtenidas se analizó la posibilidad de generalizarlas y aplicarlas a otros contextos. - Se propusieron acciones tendientes a remediar la situación. En nuestro caso surgió la propuesta consensuada de definir acciones concretas de restauración ecológica.
Comunicación	<ul style="list-style-type: none"> - Cada grupo confeccionó un informe final donde quedaron expresadas las diferentes etapas del trabajo.

EL TALLER “EDUCAR PARA RESTAURAR” EN EL INSTITUTO DE FORMACIÓN DOCENTE CONTINUA (IFDC) DE BARILOCHE

Otra experiencia en torno a la idea de **restauración ecológica** consistió en un taller para estudiantes realizado en el IFDC de Bariloche en conjunto con la Dra. Miriam Gobbi de la Universidad Nacional del Comahue, durante el año 2017.

En este proyecto nos vinculamos con instituciones de educación inicial y primaria de nuestra comunidad para trabajar en la intervención de sitios degradados del entorno cotidiano (principalmente, los patios y jardines de las instituciones).

Tomando como ejemplo la parqueización realizada en el predio del IFDC (Ver figura 9.05), nos contactamos con instituciones que estuvieran interesadas en realizar pequeñas intervenciones de restauración ecológica con nuestro asesoramiento y colaboración.



Figura 9.05. Parte de la parqueización realizada en el IFDC de Bariloche. En este caso se observan las primeras especies autóctonas de bosque húmedo y de transición que fueron plantadas.

Los encuentros tuvieron, básicamente, dos modalidades:

1. Modalidad de taller donde abordamos saberes relacionados con la conservación y la restauración ecológica, los ecosistemas representativos de nuestra región y aspectos didácticos.
2. Trabajos de campo que incluyeron actividades en el predio parquizado del IFDC e intervenciones de restauración ecológica en los sitios seleccionados.

Una vez realizado la elección y diagnóstico de los ambientes degradados, iniciamos la etapa de planificación de las tareas a realizar:

- Confección del croquis del ambiente.
- Diseño de la intervención (elección de plantas, ubicación, provisión de agua, mejoramiento del suelo, entre otros).
- Gestiones para obtener plantas autóctonas de estepa y bosque.
- Gestiones para obtener compost.
- Reuniones con equipos directivos y docentes de las instituciones.
- Intervenciones de restauración ecológica.
- Evaluación del proyecto.

Las instituciones en las que realizamos actividades de restauración fueron: Jardín de Infantes N° 32, Jardín de Infantes N° 60 y Escuela Primaria N° 315.

Esta propuesta tuvo como principal propósito habilitar un espacio para que las estudiantes diseñen intervenciones puntuales de restauración ecológica en entornos cercanos, haciendo confluír saberes y experiencias desde distintos sectores y procedencias.

De esta manera, pretendimos que las futuras docentes adquirieran la capacidad para registrar la degradación ambiental, reflexionen sobre sus causas y las responsabilidades que nos caben como integrantes de una comunidad. Esperamos así, promover la formación de ciudadanía, valores, comportamientos y actitudes que sean acordes con un ambiente equilibrado.



Figura 9.06. Los grupos de estudiantes trabajaron en las instituciones acompañadas por las docentes del IFDC, Carolina Moreno y Patricia Carabelli.

Estos esfuerzos no habrán sido en vano si, aunque más no sea de forma incipiente, las participantes adquieren herramientas para la construcción de espacios similares y valoran su importancia como recurso didáctico de múltiples aplicaciones, como espacio para promover la Educación Ambiental y como acción planificada de restauración ecológica.

ALGUNAS REFLEXIONES PROVISORIAS

La secuencia didáctica que replicamos durante dos años y el taller de restauración ecológica realizado con las/os alumnas del Instituto de Formación constituyen un punto de partida que debe ser revisado, mejorado y aplicado a otros contextos. Por ello, hablamos de reflexiones y resultados provisorios. Sin embargo, compartimos un punteo de algunos logros y también de obstáculos que observamos en su puesta en práctica:

- De acuerdo con la producción escrita y las acciones realizadas, consideramos que nuestras/os estudiantes construyeron experiencias y conocimientos significativos que amplían su comprensión del ambiente donde viven y la red de relaciones entre los seres vivos, su grupo social y dicho ambiente.

- Permitieron establecer vínculos positivos y afectivos hacia el ambiente natural a través del conocimiento y sensibilización en relación a un hábitat determinado y su situación de deterioro.
- Las/os estudiantes pudieron adquirir algunas técnicas y metodologías básicas y sencillas propias de las ciencias naturales para la exploración y análisis de diferentes variables ambientales.
- Se avanzó en la concientización de algunos aspectos complejos vinculados a la relación entre el deterioro del ambiente, el rol de la ciencia y la tecnología y factores sociales y económicos tales como la actividad turística, la explotación de recursos, la introducción de especies exóticas, las políticas de protección. De esta manera, muchas actividades quedaron enmarcadas dentro de lo que denominamos alfabetización científica, enfoque CTS y abordaje interdisciplinario.
- Las/os futuras/os docentes propusieron secuencias didácticas e intervenciones que abordan cuestiones ambientales y, en particular, la restauración ecológica para utilizar con niños de Nivel Inicial, lo que supone un efecto multiplicador en la concientización y adopción de conductas proambientales.
- Para muchas/os alumnas/os la salida didáctica constituyó un primer contacto con un ambiente natural a pesar de que viven en una ciudad inserta dentro de un Parque Nacional con diversidad de paisajes de una belleza indiscutible. En este sentido, estas actividades comportan un pequeño paso para saldar una deuda social con parte de nuestra comunidad en cuanto a la negación del acceso al patrimonio natural y cultural de la región.
- Los alcances de algunas actividades se vieron limitadas por razones de índole institucional como, por ejemplo, la organización curricular que impidió planificar actividades fuera del día y horario de nuestra asignatura, la falta de tiempo y recursos, entre otras.
- Se propusieron numerosas acciones tendientes a abordar la problemática planteada (profundizar en el estudio e

investigación del tema, utilizar viveros para criar especies nativas, consultar a especialistas en conservación y restauración ecológica, destinar a fines sociales la erradicación gradual de ejemplares de pinos, capacitarse en técnicas de restauración ecológica, plantar especies nativas). Sin embargo, estas propuestas quedaron en el plano de la enunciación sin llevarse a la práctica.

- Si bien se progresó en la identificación de los ya mencionados factores sociales que influyen en el problema ambiental, la mayoría de las actividades propuestas tuvieron que ver con medidas directas sobre el ambiente afectado. No se pudo avanzar en acciones que pusieran en cuestión, por ejemplo, las relaciones de la comunidad con el ambiente, la responsabilidad del Estado en sus diferentes niveles de aplicación, los actores sociales responsables y perjudicados.
- La utilización didáctica de un problema ambiental auténtico supuso trabajar en la formación en un doble sentido: ofreciendo estrategias y recursos didácticos para utilizar en la enseñanza como futuras/os docentes y, por otro lado, promoviendo la participación ciudadana en cuestiones socio-ambientales que nos afectan. Además, implicó el intento de alcanzar algunos de los objetivos que suelen plantearse en Educación Ambiental: establecer vínculos positivos con el ambiente, tomar conciencia de los problemas ambientales y su relación con múltiples factores y la formulación de propuestas para la acción.

PROPUESTAS METODOLÓGICAS

Las presentes actividades tienen por propósito poner en tensión, discutir y reflexionar acerca de la Educación Ambiental como definición política, educativa y social. Muchas de las actividades pueden ser trabajadas con nuestros alumnos y muchas otras sirven para aportar a la creación de un posicionamiento profesional que atraviese nuestra forma de pensar la educación en general y el abordaje de aspectos ambientales, en particular.

Actividad 1:

La **Ley General de Ambiente (Ley 25.675/02)**, en su artículo 15 señala: *“La educación ambiental constituirá un proceso continuo y permanente, sometido a constante actualización que, como resultado de la orientación y articulación de las diversas disciplinas y experiencias educativas, deberá facilitar la percepción integral del ambiente y el desarrollo de una conciencia ambiental”*.

La **Ley de Educación Nacional (Ley 26.206/06)** en su art. 89 prescribe *“proveer la educación ambiental en todos los niveles y modalidades del Sistema Educativo Nacional, con la finalidad de promover valores, comportamientos y actitudes que sean acordes con un ambiente equilibrado y la protección de la diversidad biológica, que propendan a la preservación de los recursos naturales y a su utilización sostenible y que mejoren la calidad de vida de la población.”*

Para pensar: ¿Se cumple el artículo 89 de la Ley de Educación Nacional? ¿Cómo se implementa la EA en los diferentes niveles educativos? ¿Qué referencia se hace a la EA en los Núcleos de Aprendizaje Prioritarios (NAP) definidos por el Ministerio de Educación Nacional? ¿Qué espacios curriculares de cada institución se hacen cargo de la EA?

Actividad 2:

Sauvé (2004b) desarrolla un listado de objetivos para el desarrollo del proyecto educativo de EA. Citamos dos de dichos objetivos que trascienden la Educación para el desarrollo sustentable:

- Descubrir o redescubrir su propio medio de vida, explorar el “aquí” y el “ahora” de las realidades cotidianas, con una mirada nueva, apreciativa y crítica a la vez, redefinirse a sí mismo y definir su grupo social en función de la red de relaciones con el medio de vida, desarrollar un sentimiento de pertenencia, reconocer que su medio ambiente inmediato es el primer lugar para el ejercicio de la responsabilidad.
- Establecer o reforzar el vínculo de pertenencia con la naturaleza, explorar las relaciones entre identidad, cultura y naturaleza, reconocer los vínculos entre diversidad biológica y diversidad cultural, apreciar esta diversidad.

¿Qué otros propósitos podemos definir para la EA? ¿Podemos incluir el planteo de acciones tendientes a remediar o reducir el daño ambiental? Aún más, ¿plantearíamos como propósito adaptarnos al deterioro ambiental teniendo en cuenta que algunos cambios se consideran irreversibles, por lo menos, a mediano plazo?

Actividad 3:

El programa OCDE-PISA (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico de la Comunidad Europea) asocia la alfabetización científica con la competencia científica y define a esta última como:

“La capacidad de usar el conocimiento científico, de identificar cuestiones y extraer conclusiones basadas en pruebas científicas que les permita comprender y tomar decisiones sobre el medio natural y los cambios que sufre en relación con la acción humana.” (Ciencias en Pisa, 2010: 13)

Si en los términos que plantea la OCDE, la alfabetización científica está orientada a **“comprender y tomar decisiones sobre el medio natural y los cambios que sufre en relación con la acción humana”** ¿Qué temáticas de EA podemos plantear para promoverla? ¿Es viable proponer la resolución de problemas

ambientales como recurso didáctico que favorezca la alfabetización ambiental? ¿Cuáles?

Actividad 4:

Hagamos el ejercicio de pensar alguna problemática ambiental propia de nuestra localidad o región que, por sus características, constituye una situación donde el desarrollo científico-tecnológico puede implicar consecuencias sociales y ambientales y, por consiguiente, puede generar una controversia pública.

Ahora preguntémonos, ¿contribuye a la alfabetización científica? ¿Por qué?

¿Es factible abordarla desde el enfoque CTS? ¿Cuáles son las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad que están implícitas en la problemática elegida?

¿Puede ser presentada como un problema auténtico a resolver? ¿Habilita un tratamiento interdisciplinario y un trabajo grupal y colaborativo por parte de las/os estudiantes?

Actividad 5:

Teniendo en cuenta la Tabla 9.01 sobre Posibles modelos iniciales y versiones más complejas, se propone pensar:

¿Qué otros modelos deberíamos tener en cuenta? ¿Será posible pensar en la idea misma de Educación Ambiental como un modelo inicial que debe evolucionar con el transcurso de las clases? ¿Podemos avanzar hacia una idea de EA que supere el sesgo positivista y ambientalista que implica el modelo más tradicional de EA? En cuanto a los recursos naturales ¿podemos pensar al ambiente como un “stock de recursos” o como un patrimonio de la sociedad?

GLOSARIO

Aclimatación: Cambios morfo-fisiológicos reversibles que se producen en un individuo, en función de los cambios en su medio ambiente.

Actinobacterias: Grupo de bacterias que mayormente habitan en el suelo y son de vida libre, como las que participan en la descomposición de la materia orgánica, pero también pueden ser simbióticas (*Frankia*) y algunas son patógenas. Tienen la capacidad de crecer formando diferentes estructuras como filamentos ramificados, esporas y vesículas.

Adaptación: Cambios morfológicos-fisiológicos irreversibles (por cambios a nivel genético en las poblaciones) como resultado del proceso de selección natural.

Aeróbico: Un proceso que utiliza oxígeno.

Antrópico: Asociado, influenciado o perteneciente a los humanos.

Ascenso hidráulico: Mecanismo de que permite a las plantas transferir agua a través del sistema radicular, desde las capas más profundas del suelo a las más secas y superficiales.

Bancos de semillas: Conjunto de todas las semillas viables presentes en un componente de un sistema natural (suelo, hojarasca, tronco, etc.) y que constituyen un reservorio genético acumulado de cada especie establecida en el presente o en el pasado de una comunidad vegetal.

Biodiversidad: Es la variedad en que se manifiesta la vida e incluye varios niveles de la organización biológica, como la diversidad de especies que viven en un espacio determinado, su variabilidad genética, los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes.

Biomasa: Totalidad de la materia de los organismos o de algún tipo en particular de organismos que habitan en un cierto lugar, que se expresa en peso por unidad de volumen o de área.

Bolsa plastillera: Bolsa del estilo de las arpilleras, pero de tela plastificada con orificios pequeños.

Caducifolia: Especie vegetal que pierde sus hojas una vez al año.

Caja de Petri: Instrumento de laboratorio (de cristal o plástico), que consta de una base circular y una cubierta de la misma forma pero algo más grande de diámetro para que encaje como una tapa.

Cámara germinadora: Estructura acondicionada para la germinación de semillas, cuyo gabinete es parecido a una heladera donde la temperatura de trabajo oscila alrededor de los 20°C.

Capacidad de retención de agua del suelo: Facultad de un suelo para absorber, retener y ceder agua. Este parámetro está muy relacionado con la textura y la cantidad de materia orgánica del suelo.

Cápsula: Fruto seco dehiscente, conteniendo más de una semilla.

Chaucha: Llamado también legumbre. Es fruto seco, en forma de vaina, que se abre en dos lados, típico de las plantas leguminosas, que contiene en su interior varias semillas.

Clon: Conjunto de seres genéticamente idénticos que descienden de un mismo individuo por mecanismos de reproducción asexual.

Compost: Materia orgánica estabilizada proveniente del proceso de compostaje y que se usa para mejorar el suelo y el crecimiento vegetal.

Compostaje: Proceso de descomposición biológica, aeróbica y controlada de un residuo orgánico.

Condiciones microambientales: Conjunto de todos los factores que existen en el entorno inmediato al lugar donde se desarrollan las actividades de los seres vivos.

Conductividad eléctrica del suelo: Medida indirecta de la concentración de iones en el suelo, y por lo tanto de la salinidad. Se mide con conductímetro que permite medir la capacidad del suelo para conducir la corriente eléctrica, que varía en función de la concentración de sales en la solución del suelo, entre otros factores como la temperatura, etc.

Densidad aparente: Peso de una muestra por el volumen que ocupa en su ordenamiento natural, por lo que se incluye el volumen de poros (masa/volumen). Es buen indicador de propiedades como la compactación, la aireación, porosidad y capacidad de infiltración del agua.

Disturbio: Es una alteración en un ecosistema que modifica el curso de los procesos de la sucesión ecológica.

Diversidad de especies: Expresa la riqueza ó el número de especies diferentes que están presentes en determinado ambiente o en un sistema natural. Puede aplicarse al número total de especies o al número de especies de un grupo en particular, por ejemplo diversidad de mamíferos.

Dosel: También llamado canopia o canopeo, es el conjunto formado por la capa de ramas y hojas de las copas de árboles o arbustos vecinos.

Ecotipos: Forma genéticamente diferenciadas de una especie que vive en un hábitat o ecosistema determinado.

Embrión: Etapa inicial del desarrollo de un ser vivo (futura planta).

Endosperma: Tejido nutricional formado en el saco embrionario de las plantas con semilla.

Enmienda: Cualquier sustancia que no sea fertilizante (ej. cal, sodio o yeso) utilizada para modificar las características químicas y físicas del suelo.

Enzimas: Macromoléculas proteicas que catalizan reacciones bioquímicas (metabólicas). Su funcionamiento, determinado por su estructura cuaternaria, es óptimo dentro de rangos específicos de temperatura, pH, concentración de iones y otros agentes químicos. Fuera de estos rangos se desnaturaliza perdiendo su función biológica, lo cual puede ser irreversible.

Erosión: Transporte de la superficie del suelo por agua, viento, hielo u otro agente geológico, incluido el arrastre gravitacional. Puede ser de origen natural o promovida por acciones antrópicas.

Especies exóticas: Especies que, por la acción humana, fueron movidas de los lugares donde se originaron y evolucionaron. De estas, algunas se tornan invasoras, es decir, en los ambientes que colonizan, sus poblaciones se incrementan de tal manera que causan impactos negativos de diverso tipo (ecológicos, económicos, etc.)

Especies nativas: Especies que se encuentra dentro de su área de distribución natural u original (histórica o actual) de acuerdo con su potencial de dispersión natural. Tienen relaciones evolutivas y ecológicas con otras especies con las que han compartido su historia y están bien adaptadas a las condiciones locales.

Estaca: Fragmento de tallo con yemas de consistencia leñosa que se separa de un árbol o de un arbusto y se introduce en el suelo o en un sustrato para que arraigue en él y forme una nueva planta.

Estomas: Poro en la epidermis foliar que permite el intercambio gaseoso (CO_2 y O_2). Está formado por células especializadas, denominadas “oclusivas” o “de la guarda” que regulan la apertura y cierre del mismo.

Estructura (del suelo): Es la forma en que las partículas del suelo de igual o diferente tamaño, se disponen o se agrupan espacialmente.

Estructura del suelo: Ordenamiento natural de las partículas del suelo en función de su composición. Pueden clasificarse en varios tipos como granulares, en bloques, en forma de placas o columnares.

Evapotranspiración: Pérdida total de agua del sistema debido a la evaporación de las superficies del suelo y los cuerpos de agua y a la transpiración de plantas y animales sobre una zona determinada

Fertilidad: Atributo de los suelos que depende de sus características físicas, químicas y biológicas que favorecen el desarrollo y la producción vegetal.

Fertilización de suelo: Proceso por el cual se utiliza material orgánico o inorgánico de origen natural o sintético para aportar al suelo ciertos elementos esenciales para el crecimiento de las plantas.

Fisonomía de la vegetación: Es la proporción en que cada forma de vida (hierbas, arbustos, árboles, etc.) contribuye a la comunidad vegetal. La cobertura vegetal, la cantidad y tamaño de los estratos que se observan verticalmente y las características del follaje de las formas de vida dominantes contribuyen a definir la fisonomía de la vegetación.

Folículo: Fruto seco, dehiscente formado por la unión de una hoja modificada, que forma el carpelo, conteniendo numerosas semillas.

Fotorrespiración: Proceso que ocurre cuando la enzima RuBisCo (ribulosa-1-5-bifosfato carboxilasa/oxigenasa) deja de comportarse como carboxilasa (fijadora de carbono) y pasa a comportarse como oxigenasa, es decir, captura de oxígeno. De esta forma se detiene la generación de carbohidratos en el ciclo de Calvin. La fotorrespiración se incrementa con el aumento de la temperatura ambiente.

Frugívoras: Que se alimenta de frutos.

Fuerza por puente de hidrógeno: Enlace electrostático que se establece entre un átomo de hidrógeno unido covalentemente a otro átomo electronegativo (tal como nitrógeno, oxígeno o flúor). Ocurre entre moléculas con éstos átomos y capaces de generar cargas parciales (bipolos), tal como la molécula de agua.

Fungicida: Sustancia, mayoritariamente tóxica, que se emplea para impedir el crecimiento o eliminar los hongos perjudiciales para las plantas.

Gameta: Célula que tiene una función reproductora.

Generalista: Especie que tiene un amplio nicho ecológico potencial, tiene alta tolerancia a capacidad de adaptación a varios factores ambientales lo que le permite sobrevivir en medios muy variados.

Hojarasca: Colchón de hojas desprendidas de las plantas.

Humus: Fracción más o menos estable de la materia orgánica del suelo, que queda como remanente luego de que la mayor proporción

de los residuos animales y vegetales se han descompuesto. En general es de color oscuro.

Infiltración: Ingreso de agua al perfil del suelo.

Invernáculo: Construcción protegida por materiales transparentes que permiten cultivar plantas protegidas de las inclemencias del clima.

Leguminosas: Son las hierbas, arbustos y árboles que forman parte de una familia, cuyos frutos son las legumbres.

Lignificado: Cuando los tallos han adquirido volumen, rigidez, consistencia leñosa.

Lote de semillas: Cantidad especificada de semillas que es física e inequívocamente identificable.

Mantillo: Material heterogéneo conformado por la hojarasca (hojas senescentes caídas), ramas finas, flores, frutos y materia orgánica particulada depositados sobre el suelo

Materia orgánica del suelo: Material heterogéneo compuesto por los restos orgánicos de animales, plantas y microorganismos y sus productos de descomposición y resíntesis (humus) que aportan nutrientes, estructura y capacidad de retención de agua al suelo.

Media sombra: Red hecha de fibras de plástico, generalmente de color negro o verde, que se usa en lugares soleados y reduce enormemente la cantidad de luz.

Membrana celular: Llamada también membrana plasmática, membrana citoplasmática o plasmalema, es una bicapa lipídica que delimita toda célula y mantiene el equilibrio entre el interior (medio intracelular) y el exterior (medio extracelular), regulando la entrada y salida de sustancias diversas.

Mesófilo: Tejidos de la hoja ubicados entre dos capas de epidermis foliar (del haz -superior- y del envés -inferior-). Está compuesto por parénquimas, colénquimas y otros tejidos y estructuras foliares.

Micorrizas: Es la asociación simbiótica entre especies particulares de hongos y las raíces de las plantas.

Micrositios (del suelo): Son espacios de tamaños reducidos (del rango de micrómetros a milímetros) que existen en la heterogeneidad del suelo, con condiciones ambientales particulares, como las que ocurren en microporos y poros del suelo, o en la rizósfera.

Nódulo: Es un nuevo órgano que se desarrolla en la raíz de una planta en respuesta a la penetración de un microorganismo en sus tejidos, donde este último luego se aloja y realiza sus actividades metabólicas, las que benefician a la planta a través del aporte de algún producto de dicho metabolismo. Se presentan en número, tamaños y formas muy variables, dependiendo de la asociación microorganismo-planta que es sumamente específica.

Núcleos de Aprendizaje Prioritarios (NAP): Conjunto de saberes que deben formar parte de la educación en cada nivel de enseñanza. Suponen *“asegurar una base de unidad del Sistema Educativo Nacional... (y) a garantizar que todos los habitantes alcancen competencias, capacidades y saberes equivalentes”* (Resolución N° 214/04, Consejo Federal de Cultura y Educación).

Nutrientes: Elementos y compuestos químicos necesarios para el crecimiento de las plantas. Según la cantidad en que estos elementos se necesitan (y no a su importancia), son clasificados en aquellos requeridos en grandes cantidades (macronutrientes, ej.: N, K, Ca, Mg, P y S) y aquellos requeridos en menores cantidades (micronutrientes, ej.: Cl, Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo y Ni).

Pared celular: Estructura resistente y semipermeable que rodea la membrana plasmática de las células de plantas, hongos, algas, bacterias y arquea. Otorga rigidez a las células y es fundamental para la regulación osmótica.

Percolación: Movimiento vertical de agua en el perfil del suelo.

Perenne: Hace referencia a plantas que viven durante más de dos años, a diferencia de las anuales o bienales, que viven sólo uno o dos años respectivamente.

Perennifolia: Especie vegetal que mantiene su follaje durante todo el año

Perfil del suelo: Sección vertical del suelo que atraviesa todos los horizontes, extendiéndose hasta el material parental.

pH: Medida que sirve para establecer el nivel de acidez o alcalinidad de una sustancia, expresado como el logaritmo negativo de base de 10 en la actividad de iones de hidrógeno, expresado en el rango 1 a 14.

Plaguicida: Cualquier sustancia destinada a prevenir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga.

Plasticidad fenotípica: Capacidad de un organismo de aclimatare a diferentes condiciones ambientales. La Plasticidad fenotípica es heredable y está sometida a procesos de selección natural.

Raíz primaria: Se trata de la primera raíz de la planta, llamada radícula, se alarga cuando la semilla germina.

Rizobios: Grupo de bacterias del suelo que tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico cuando se asocian de manera simbiótica con plantas de la familia de las leguminosas.

Rizósfera: Es la zona del suelo que se halla inmediatamente adyacente a las raíces, en la cual se generan condiciones químicas, físicas y biológicas particulares que favorecen el desarrollo y actividades de microorganismos, protistas e invertebrados.

Rustificado: Proceso de aclimatación a cuál se someten las plantas producidas en vivero, en función de las condiciones ambientales de los sitios donde serán plantadas.

Salinización: Proceso por el cual las sales se concentran en el suelo.

Semilla vana: Semilla cuyo interior está vacío, seco, podrido.

Simbiosis: Es la asociación íntima y prolongada entre dos o más organismos de diferentes especies. Incluye el mutualismo, en que la asociación es beneficiosa para ambos, el comensalismo, en el que solo uno de los organismos involucrados se beneficia, y el parasitismo, en el que uno se beneficia y el otro es dañado.

Sombráculo: Construcción construida con mallas que permiten la entrada de luz atenuada.

Sotobosque: Estrato de la vegetación formada por matas y arbustos que crece bajo los árboles de un bosque o del monte.

Suelo: Sistema natural que se distingue de la roca que le dio origen, por la capacidad de sostener vida vegetal y animal, con una organización estructural y capacidad de responder a cambios ambientales.

Sustrato: Es un material, o mezcla de varios, utilizado para llenar recipientes de cultivo. En cierto modo, es el sustituto de la tierra.

Textura del suelo: Proporción de distintos tamaños de partículas (arena, limo y arcilla) en la matriz del suelo. Cuando predomina la arena, el limo o la arcilla, el suelo se denomina “arenoso”, “limoso” o “arcilloso”, respectivamente. Cuando un suelo tiene una textura equilibrada (generalmente 45% de arena, 40% de limo y 15% de arcilla) se llama “franco”.

Variabilidad genética: Se refiere a la variación en el material genético (genes) de una población o especie.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar A. (Ed). 2015. La investigación científica y las ciencias naturales. Propuestas para su articulación en el aula. 1ª ed. Neuquén. Educo-Universidad Nacional del Comahue. 129 pp.
- Arango N., Chaves M.E. & P. Feinsinger. 2009. Principios y práctica de la enseñanza de ecología en el patio de la escuela. Fundación Senda Darwin, Santiago de Chile, Chile. 136 pp.
- Astolfi J.P. 2009. El tratamiento didáctico de los obstáculos epistemológicos. En Revista Educación y pedagogía XI, (25):151-171.
- Baer S.G., Heneghan L. y V.T. Eviner. 2012. Capítulo 5.6: Applying Soil Ecological Knowledge to Restore Ecosystem Services. In: Wall D.H., Bardgett R.D., Behan-Pelletier V., Herrick J.E., Hefin Jones T., Ritz K., Six J., Strong D.R. & W.H. van der Putten. Soil Ecology and Ecosystem Services. Oxford Scholarship Online. Pp. 377-392.
- Borken W., Muhs A. & F. Beese. 2002. Application of compost in spruce forests: effects on soil respiration, basal respiration and microbial biomass. Forest Ecology and Management 159:49-58.
- Buschiazzo D.E. & S.B. Aimar. 2003. Erosión Eólica: Procesos y predicción. En: Golberg, D.A. & A.G. Kin. (Eds.) Viento, Suelo y Planta. Ediciones INTA. Pp. 19-34. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_viento__2.pdf. Fecha de acceso a la web: 3-3-2018.
- Camacho Valdez V. & A. Ruiz Luna. 2016. Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. Revista BioCiencias 1(4):3-15.
- Caride J.A. & P.A. Meira. 2001. Educación ambiental y desarrollo humano. Ed. Ariel, Barcelona. 272 pp.

- Ceccon E. y P. Perez D.R. (Coord.) 2016. Más allá de la ecología de la restauración: Perspectivas sociales en América Latina y el Caribe. Ed. Vazquez Mazzini, Bs. As. 382 pp.
- Chaia E. 2013. Una asociación especial entre bacterias y plantas. Desde la Patagonia difundiendo saberes 10 (15): 34-39.
- Coleman D.C. & W.B. Whitman. 2005. Linking Species Richness, Biodiversity, and Ecosystem Function in Soil Systems. *Pedobiologia* 49: 479-497.
- Couso D. 2013. La elaboración de unidades didácticas competenciales. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales* (74):12-24.
- Curtis H., Barnes N.S., Schnek A. & A. Massarini. 2008. *Curtis Biología. Séptima edición.* Ed. Panamericana, Buenos Aires. 1009 pp. y apéndices.
- Daily G.C., Matson P.A. & P.M. Vitousek. 1997. Ecosystem services supplied by soil. In: G.C. Daily (Ed.) *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems.* Island Press, Washington, DC. Pp. 113–32.
- de Paz M. 2012. Funciones ecológicas y usos de los arbustos de la zona de Ñirihuau. En Aguilar, A. y Gobbi, M.E. 2012. *Ñirihuau: sus recursos naturales y su gente.* EDUCO - Universidad Nacional del Comahue, Neuquén. Pp. 93 - 110.
- de Torres Curth M., Viozzi G., Franzese J., Blackhall M., Ladio A., Arbetman M., Lucero M., Pfister G. & A. Kreiter. 2016. *Manual de supervivencia: del trabajo en el aula a la feria de ciencias.* EDUCO-Universidad Nacional del Comahue, Neuquén. 219 pp.
- Diario Rio Negro. 2011. Chicos que recuperan el bosque. www.rionegro.com.ar/sociedad/chicos-que-recuperan-el-bosque-CURN_634314. Fecha de acceso a la web: 27-3-2018.
- Egiarte G., Camps Arbestain M., Alonso A., Ruíz-Romera E. & M. Pinto. 2005. Effect of repeated applications of sewage sludge

- on the fate of N in soils under Monterey pine stands. *Forest Ecology and Management* 216 (2005): 257–269.
- Escaso-Santos F., Martínez J.L. & M.R. Planelló. 2011. *Fundamentos Básicos de Fisiología Vegetal y Animal*. Ed. Prentice-Hall, New Jersey. 264 pp.
 - Eyssartier C., Pochettino M.L. & M. Lozada. 2015. ¿Qué saben y en qué contextos aprenden sobre plantas niños entre 11 y 12 años? Un estudio desde el enfoque de la cognición corporizada. *Actas IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata. 15 pp.
 - FAO. 1991. Latencia y germinación de semillas. 'Tratamientos pregerminativos'.
www.academia.edu/25689014/Latencia_y_germinaci%C3%B3n_de_semillas._Tratamientos_pregerminativos
 - FAO. 2018. Servicios ecosistémicos y biodiversidad. <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>. Fecha de acceso a la web: 27-3-2018.
 - Ferrari A.E. & L.G. Wall. 2004. Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la revegetación de suelos degradados. *Revista de la Facultad de Agronomía* 105: 63-87.
 - Fukuoka M. 1978. *The One-Straw Revolution: An Introduction to Natural Farming*, Rodale Press. 183 pp.
 - Furman M. & M.E. Podestá. 2010. *La aventura de enseñar Ciencias Naturales*. Ed. Aique, Buenos Aires. 272 pp.
 - García D.S. & G. Priotto. 2009. *Educación Ambiental. Aportes políticos y pedagógicos en la construcción del campo de la Educación Ambiental*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Buenos Aires. 232 pp.
 - Gobbi M.E., Heinemann K., de Paz M., Núñez C. & R. Herrero. 2016. *Revegetación con especies arbóreas nativas en áreas*

ecotonales del NO de Patagonia: herramientas para la creación de islas de regeneración. En: Investigación Forestal 2011-2015. Los Proyectos de Investigación Aplicada. Ministerio de Agroindustria. Unidad para el Cambio Rural, UCAR, Buenos Aires. Pp. 62-67.

<https://es.scribd.com/doc/299077824/Investigacion-Forestal-2011-2015-Los-Proyectos-de-Investigacion-Aplicada>.

- Gómez Galindo A. & A. Adúriz Bravo. 2011. ¿Cómo enseñar ciencias? En Rodríguez Gutiérrez L.F. & N. García García (Coord. Gral.). Las Ciencias Naturales en Educación Básica: formación de ciudadanía para el siglo XXI. Secretaría de Educación Pública, México D.F. Pp.95-123.
- González Gaudiano E. 2001. Otra lectura a la historia de la Educación Ambiental en América Latina y el Caribe. *Desenvolvimento e Meio Ambiente* (3):141-158.
- Gutiérrez A.G., Cortés P.F. & A.N. Gómez. 2015. Compost como inductor de la sucesión vegetal en un área afectada por minería a cielo abierto en la microcuenca del río La Vega, Tunja, Boyacá. *Colombia Forestal*, 18(2): 241-254.
- Gutiérrez J.R. & F.A. Squeo. 2004. Importancia de los arbustos en los ecosistemas semiáridos de Chile. *Ecosistemas* 13 (1): 36-45.
www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/215/212
- Heneghan L., Miller S.P., Baer S., Callahan Mac A., Montgomery Jr. J., Pavao-Zuckerman M., Rhoades C.C. & S. Richardson. 2008. Integrating Soil Ecological Knowledge into Restoration Management. *Restoration Ecology* 16: 608–617.
- Insam H. & K. Haselwandter 1989. Metabolic quotient of the soil microflora in relation to plant succession. *Oecologia* 79 174–8.
- Jenny H. 1941. Factors of soil formation. *Soil Science* 52: 415.

- Kowaljew E. & M.J. Mazzarino. 2007. Soil restoration in semiarid Patagonia: chemical and biological response to different compost quality. *Soil Biol Biochem* 39:1580–1588.
- Lebed O. 1990. Reproducción de especies nativas. Dirección de Bosques. Ministerio de Recursos Naturales. Mallín Ahogado. El Bolsón. Río Negro. 28 pp.
- Ley 25.675. 2002. Ley General de Ambiente. Congreso de la Nación Argentina. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Ley 26.206. 2006. Ley de Educación Nacional. Congreso de la Nación Argentina. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Lozada M. & L. Margutti. 2012. Aportes de la cognición corporizada y la psicología positiva para el cuidado de nuestro entorno en educación ambiental. *Revista de Educación en Biología* 14(1):5-9.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Informe de síntesis. 43 pp. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.439.aspx.pdf>.
- Mazzoni A., Sánchez G., Riat M. & J. Hagiwara 2016. Propagación de *Adesmia boroniodes* Hook, planta nativa medicinal de la Patagonia Argentina. *Revista Dominguezia* Vol 32(2):70.
- Ministerio de Educación de España. 2010. Ciencias en PISA. Pruebas liberadas. Secretaría General Técnica. Subdirección General de Documentación y Publicaciones. Madrid.
- Ministerio de Educación de la Provincia de Río Negro. 2008. Diseño Curricular para la Formación Docente del Nivel Inicial. Río Negro. 219 pp.
- Mondino V. & M. Pastorino. 2016. Restauración de bosques nativos la importancia del origen de la semilla. Material de difusión. *Forestal* 26. INTA: E.E.A.Esquel. Pp. 115-118.
- Morin E. 1973. El paradigma perdido. Ensayo de bioantropología. Kairós, Barcelona. 272 pp.

- Morín E. 2009. Introducción al pensamiento complejo. Gedisa, Barcelona. 167 pp.
- Naciones Unidas. 2005. Objetivos de desarrollo del Milenio. Informe de 2005. Nueva York: Naciones Unidas. 48 pp.
- Naciones Unidas. 2012. Objetivos de desarrollo del Milenio. Informe de 2012. Nueva York: Naciones Unidas. 5 pp.
- Naciones Unidas. 2015a. Objetivos de desarrollo del Milenio. Informe de 2015. Nueva York: Naciones Unidas. 72 pp.
- Naciones Unidas. 2015b. Agenda 2030 para el desarrollo sostenible. Nueva York: Naciones Unidas. 50 pp.
- Navarro Ramos S., Valfré T. & D. Reninson. 2017. Proyectos de Restauración del Bosque Nativo.
<http://montesdecordoba.org/nota/proyectos-de-restauracion-del-bosque-nativo>.
- Noble R. & E. Coventry. 2010. Suppression of Soil-Born Plant Diseases with Composts: A Review. Biocontrol Science and Technology. 15(1): 3-20.
- Nuñez K. 2017. Rol de los arbustos como plantas nodrizas. Argentina Investiga.
http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=rol_de_los_arbustos_como_plantas_nodrizas&id=3120
- Olimpiada Argentina de Ciencias Junior. 2012. Responsable pedagógica: Dubini, Lilia M. Prueba experimental intercolegial. Universidad Nacional de Cuyo.
<http://www.uncuyo.edu.ar/olimpiadas/upload/prueba-intercolegial-experimental-nivel-ii-2012.pdf>. Fecha de acceso a la web: 27-3-2018.
- Oñorbe, A. 2003. Resolución de Problemas. En Jiménez Aleixandre (Coord.). Enseñar Ciencias. Editorial GRAÓ, Barcelona.

- Panigatti, J.L. (Ed.). 2008. El suelo y su conservación. Módulos de conocimientos orientados a docentes de las escuelas secundarias y técnicas. Instituto de Suelos INTA Castelar. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 293 pp.
https://suelos.org.ar/adjuntos/manual_conservacion_panigatti.pdf. Fecha de acceso a la web: 3-3-2018.
- Pastorino M., Aparicio A. & M.M Azpilicueta. 2015. Regiones de Procedencia del Ciprés de la Cordillera y bases conceptuales para el manejo de sus recursos genéticos en Argentina. INTA Ediciones. Colección Investigación, Desarrollo e Innovación. 115 pp.
- Portal de Suelos de la FAO. 2018. <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/>. Fecha de acceso a la web: 3-4-2018.
- Pozo J.I. 2014. Psicología del Aprendizaje Humano. Adquisición de conocimiento y cambio personal. Madrid: Ediciones Morata. 488 pp.
- Quiroz Marchant I., García Rivas E., González Ortega M., Chuíng Guin-Go P. & H. Soto Guevara. 2009. Producción de plantas a raíz cubierta. Centro Tec. de la Planta Forestal. INFOR. Bío-Bío. Concepción. Chile. 128 pp.
- Rabassa J. 2010. El cambio climático global en la Patagonia desde el viaje de Charles Darwin hasta nuestros días. Revista de la Asociación Geológica Argentina 67(1): 139-156.
- Renison D., Herrero L., Torres R., Suarez R., Friedlander P., Navarro Ramos S., Barri F. & A. Cingolani. 2016. El rol de los voluntariados en la restauración ecológica del centro argentino. En Ceccon E. & Pérez D. R. (Coordinadores). Más allá de la ecología de la restauración: perspectivas sociales en América Latina y el Caribe. Sociedad Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica (SIACRE). Vazquez-Mazzini Editores. Pp. 55-76.

- Resolución CFE 60/08. 2008. Aprobación del Programa “Los científicos van a las escuelas”. Consejo Federal de Educación. Buenos Aires.
- Restoration projects – Worldwide. 2018. On Seedballs www.sites.google.com/site/onseedballs/worldwide-projects. Fecha de acceso a la web: 27-3-2018.
- Reyes F., Gobbi M.E. & E.E. Chaia. 2009. El chacay, un arbolito valioso. Ecos del Parque, Periódico del Parque Nacional Nahuel Huapi 10, p. 4.
https://www.nahuelhuapi.gov.ar/multimedios/Ecos_del_Parque_N_10.pdf
- Rivarosa A. & F.J. Perales. 2006). La resolución de problemas ambientales en la escuela & en la formación inicial de maestros. Revista Iberoamericana de Educación (40):111-124.
- Rostagno C.M., del Valle H.F. & D.E. Buschiazzo. 2004. La erosión eólica. En: González, M.A. & N.J. Bejerman (Eds.). Peligrosidad Geológica en Argentina. ASAGAI. <http://200.9.244.24/pdf/LaErosionEolica.pdf> Fecha de acceso a la web: 3-3-2018.
- Rovere A. 2006. Cultivo de plantas nativas patagónicas. Árboles y arbustos. Ed. Caleuche. 56 pp.
- Rovere A.E., Blackhall M., Cavallero L., Damascos M.A., Grigera D., Masini A.C.A., Svriz M. & N. Tercero-Bucardo. 2014. Conservación y Restauración. En: Raffaele E., de Torres Curth M, Morales C.L. & T. Kitzberger (Eds.). Ecología e historia natural de la Patagonia Andina. Un cuarto de siglo de investigación en biogeografía, ecología y conservación. Fundación de Historia Natural Félix de Azara, Buenos Aires. Pp. 183-203.
- Sánchez O., Peters E., Márquez-Huitzil R., Vega E., Portales G., Valdez M. & D. Azuara (Eds.). 2005. Temas sobre Restauración ecológica. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Instituto Nacional de Ecología U.S. Fish & Wildlife Service
Unidos para la Conservación, A.C. 257 pp.

- Santoni L., Gobbi, M.E. & S. Alzogaray. 2017. El sauce y el chacay ¿pueden convivir?, una iniciativa de restauración en arroyos del Parque Nacional Nahuel Huapi. Ecos del Parque, Periódico del Parque Nacional Nahuel Huapi 26, p. 8. En URL: https://www.nahuelhuapi.gov.ar/multimedios/Ecos_del_Parque_N_26.pdf
- Sauvé L. 2004a. Una cartografía de corrientes en educación ambiental. En Sato, M. & Carvalho, I. (Orgs): A pesquisa em educação ambiental: cartografias de uma identidade narrativa em formação, Artmed, Porto Alegre. 22 pp.
- Sauvé L. 2004b. Perspectivas curriculares para la formación de formadores en educación ambiental. I Foro Nacional sobre la Incorporación de la Perspectiva Ambiental en la Formación Técnica y Profesional, México. 13 pp.
- Sociedad de Restauración Ecológica (SER). 2004. Principios de SER International sobre la Restauración Ecológica. 15 pp. www.ser.org
- Swart J.A., Van Der Windt H.J. & J. Keularts. 2001. Valuation of nature in conservation and restoration. Restoration Ecology (9):230-238.
- Taiz L. & E. Zieger. 2006. Fisiología Vegetal. Tomos 1 y 2. Ed. Universidad Jaume. 1160 pp.
- Teitelbaum A. 1978. El papel de la educación ambiental en América Latina. UNESCO, París. 120 pp.
- Tognetti C & V. Labud 2012. ¿Compostamos? Guía práctica para el compostaje domiciliario. EDUCO-Universidad Nacional del Comahue, Neuquén. 28 pp.
- UNESCO 2012. Educación para el Desarrollo Sostenible. Libro de consulta. UNESCO, París. 53 pp

- UNESCO 2016. Education for people and planet: Creating Sustainable future for all. Global Education Monitoring Report. París: UNESCO. 620 pp.
- Van Andel J. & J. Aronson (Eds). 2012. Restoration Ecology: The New Frontier. Second edition. Ed. Wiley-Blackwell. 381 pp.
- Varela F.J. 2000. El Fenómeno de la Vida. Dolmen Ediciones S. A., Santiago de Chile. 477 pp.
- Varela S.A. & A. Aparicio. 2011. Aspectos básicos sobre semillas y frutos de especies forestales. Recomendaciones para su cosecha. Serie técnica: “Sistemas Forestales Integrados” Área Forestal - INTA EEA Bariloche Cuadernillo N° 1. 10 pp.
- Varela S.A. & V. Arana. 2011. Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. Serie técnica: “Sistemas Forestales Integrados” Área Forestal - INTA EEA Bariloche Cuadernillo N° 3. 10 pp.
- Varela S.A. & G. Basil. 2011. Uso de compost en la producción de plantines de especies forestales. Serie técnica: “Sistemas Forestales Integrados”. Área Forestal - INTA EEA Bariloche. Sección: “Silvicultura en vivero”. Cuadernillo N° 4. 11 pp.
- Wall L.G. 2005. Plantas, bacterias, hongos, mi mujer, el cocinero y su amante. Sobre interacciones biológicas, los ciclos de los elementos y otras historias. 2º Edición. Colección Ciencia que Ladra. Siglo XXI Editores, Buenos Aires. 120 pp.
- Wilson M.G. (Ed.). 2017. Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. http://Downloads/CD-CALIDAD_DEL_SUELO.pdf. Fecha de acceso a la web: 3-4-2018.
- WRI, UICN, PNUMA. 1992. Estrategia global para la biodiversidad: guía para quienes toman decisiones. (En colaboración con la FAO y la UNESCO) Washington, D.C.35

pp. www.sites.google.com/site/onseedballs/worldwide-projects.
Fecha de acceso a la web: 27 -3-2018.

- Young T.P., Petersen D.A. & J.J. Clary. 2005. The ecology of restoration: historical links, emerging issues, and unexplored realms. *Ecology Letters* 8:662–73.

SITIOS DE INTERÉS Y BIBLIOGRAFÍA PARA CONSULTAR

Existen muchas organizaciones internacionales, nacionales y regionales que trabajan por la restauración ecológica, a las que se puede acceder a través de sus páginas en internet y que brindan información acerca de esta temática.

	Society for Ecological Restoration International www.ser.org		Red de Restauración Ecológica de Argentina www.redecologicaargentina.com/
	Society for Ecological Restoration http://chapter.ser.org/europe/#		Red Colombiana de Restauración Ecológica: www.redcre.com
	Fund. Internacional para la Restauración de Ecosistemas www.fundacionfire.org		Soc. Brasileira De Recuperação De Áreas Degradadas www.sobrade.com.br
	Red Global de Restauración Ecológica www.globalrestorationnetwork.org		Red Mexicana para la Restauración Ambiental (REPARA) www1.inecol.edu.mx/repara/
	Sociedad Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica (SIACRE) http://www.siacre.org/		Escuela de Restauración Ecológica www.erecolombia.org/
	Pronatura, Asociación Civil www.pronatura.org.mx/		Proyecto Conservación Reforestación Sierras de Córdoba http://www.reforestacion.com.ar/
	Center for plant conservation http://www.centerforplantconservation.org/gc erb/CPC_GCERBRefTopicList.asp		Corporación Nacional Forestal (CONAF) www.conaf.cl/incendio-forestales/restauracion-de-areas-quemadas/
	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) www.inecc.gob.mx/con-eco-ch/386-hc-restauracion		RESTAURAMÉRICA Una iniciativa de rehabilitación forestal de las Américas http://www.restauramerica.com/

AGRADECIMIENTOS

La realización de este libro fue posible gracias a la colaboración, participación, financiamiento y vinculación de un gran número de personas y de instituciones. En este contexto nos gustaría agradecer especialmente:

- A la Universidad Nacional del Comahue y en particular al Centro Regional Universitario Bariloche.
- Al Proyecto de Mejora de la Enseñanza de las Cs Exactas y Naturales en la Escuela Secundaria de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación de la Nación. Año 2013.
- A INTA EEA Bariloche.
- A INIBIOMA (CONICET-UNCOMA).
- Al Instituto de Formación Docente Bariloche.
- A los directivos de la ESRN Nro 20.
- Al Banco CREDICOOP (Convenio CABAL BARILOCHE)
- A Rubén Pablos, que “sembró” en muchos de nosotros la idea de que la restauración ecológica podía y debía ser una actividad educativa fundada en la esperanza de hacer de nuestro entorno un mejor lugar.
- A Mercedes Uriquiza y Edmundo Leonel Vega.
- A los alumnos de las materias Viveros I y II, de la Tecnicatura en Viveros (UNRN), en especial a los que confiaron los resultados de sus ensayos de propagación de plantas nativas de la estepa y del bosque Andino-Patagónico (Gustavo Sánchez, Ingrid Schonne, Ana Ibáñez y Ailin Iribarne) y a los Viveristas de la Línea Sur, en especial a Abdel Nasif, por compartir sus experiencias en

reproducción y plantación de árboles en sitios desertificados para la realización del capítulo Producción y Plantación de plantas nativas para restaurar áreas degradadas.

LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA COMO PROYECTO EDUCATIVO

APORTES TEÓRICOS Y LÍNEAS DE ACCIÓN

Este libro surge a partir de una larga trayectoria en la región, en la que desde distintas instituciones se han abordado estudios sobre la composición y el funcionamiento de los ecosistemas terrestres y sobre la educación ambiental. La preocupación por la degradación ambiental ocasionada por acciones humanas, directas o indirectas, ha estado siempre presente. De esas trayectorias entrecruzadas en objetivos y quehaceres surge la voluntad de aportar algunos elementos teóricos relacionados a los principales ejes que atraviesan la Restauración Ecológica y plantear una serie de actividades que invitan a introducir estos ejes en los distintos ámbitos educativos. Esperamos que, lejos de ser tomadas como recetas a seguir o actividades a realizar “al pie de la letra”, éstas sirvan como punto de partida para que cada docente pueda pensar las suyas, en función de su intencionalidad pedagógica.

En este contexto, estamos convencidos que la Restauración Ecológica es una temática que permite la concreción de trabajos inter y multidisciplinarios, que potencian la construcción de saberes contextualizados, vinculando diferentes áreas de conocimiento.

Nos convoca pensar que por imposible que parezca la meta planteada, el sólo intento de alcanzarla será una oportunidad de aprendizaje; si logramos aprender de los aciertos y de los errores de la experiencia, la próxima vez que lo intentemos ya estaremos más cerca....

Miriam E. Gobbi y Alfonso Aguilar (Editores)

CiN REUN

Red de Editoriales
de Universidades Nacionales
de la Argentina